35449/c/2

76762

OEUVRES
DE
M^R. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences;

DIVISÉES EN DEUX TOMES,

Comprenant tous les Traitez de cet Auteur, tant ceux qui avoient déja paru séparément, que ceux qui n'avoient pas encore été publiez;

Imprimées sur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;

Revuës & corrigées de nouveau.

TOME PREMIER.

A LEIDE,

Chez PIERRE VANDER Aa,

Marchand Libraire, Imprimeur de l'Université & de la Ville.

M D C C XVII.

WELLCOME HISTORICAL MEDICAL LIBRARY

A

SON EXCELLENCE,

MONSEIGNEUR,

JEAN PAUL BIGNON,

ABBÉ

DE S^t. QUENTIN DE L'ISLE;

DOYEN

DE S^t. GERMAIN L'AUXERROIS;

CONSEILLER

D'ETAT ORDINAIRE;

PRESIDENT

DE L'ACADEMIE DES SCIENCES

ET DE CELLE

DES INSCRIPTIONS;

L'UN DES QUARANTE

DE L'ACADEMIE FRANCOISE;

 IL-

ILLUSTRE
PAR
SA NAISSANCE ET PAR SON EXTRACTION;
CELEBRE
DANS TOUT L'UNIVERS
PAR SON EXCELLENT GENIE,
PAR SON SAVOIR,
PAR SA SAGESSE
ET SA PRUDENCE
DANS LE MANIEMENT
DES PLUS IMPORTANTES AFFAIRES
DE L'EGLISE ET DE L'ETAT;
PUISSANT PROTECTEUR
DES BEAUX ARTS, DES SCIENCES
ET DES BELLES LETTRES.

Par Son très-humble &
très-obéïssant Serviteur
PIERRE VANDER Aa.

AVIS
AU LECTEUR.

MOn deſſein n'eſt pas de vous entretenir ici au long de l'eſtime que les perſonnes de bon goût en matiére de Philoſophie ont toujours faite des Ouvrages de M^r^. *Mariotte* ; puiſque c'eſt ce qui paroît aſſez par l'avidité avec laquelle on a reçu de tems en tems toutes les Piéces qu'il a publiées, & par la rareté des Exemplaires, nonobſtant les diverſes éditions qu'on en a faites. Encore moins m'arréterai-je à faire voir qu'en ceci on n'a fait, après tout, que lui rendre juſtice, comme il ne ſeroit pas difficile de le montrer ; ſoit que l'on conſidére la nature, la variété, & l'utilité des choſes qui ſont traitées dans ces Piéces ; ſoit que l'on faſſe attention à la méthode & à la nature des preuves dont il ſe ſert pour les établir, je veux dire les Démonſtrations de Mathématique & les raiſonnemens fondez ſur les Expériences, les ſeuls fondemens ſur leſquels on puiſſe bâtir quelque choſe de ſolide & de vrai en matiére de Phyſique, comme il le dit très-bien dans ſon *Eſſai de Logique*, & comme l'ont reconnu après lui pluſieurs

** ha-

habiles Philoſophes modernes. Paſſant toutes ces chóſes ſous ſilence, & les laiſſant au jugement du public, pour rendre uniquement raiſon de cette Edition; je dirai que toutes ces conſidérations, jointes aux ſollicitations de diverſes perſonnes, qui aiment la bonne Philoſophie, & au déſir que j'ai de ſatisfaire aux empreſſemens des curieux, n'ont pas eu de peine à me déterminer à donner un Recueuil des différens Traitez ou Ecrits de notre Auteur, leſquels ne s'étoient trouvez juſqu'ici que ſéparément.

Pour le rendre le plus complet qu'il a été poſſible, nous avons pris garde à deux choſes. La premiére, d'y faire entrer toutes les piéces de notre Auteur: celles qui avoient paru déja ſous ſon nom, comme ſont les dix premiéres piéces, marquées de ſuite à la fin de cette Préface: celles qui avoient été publiées Anonymes, comme l'*Eſſai de Logique*, piéce dont bien des gens ignoroient le véritable Auteur, mais qui aſſurément doit être attribuée à M^r^. *Mariotte*, comme il le dit lui-même dans ſon Traité du *Mouvement des Eaux* à la page 384 & 386 de cette Edition, & comme il eſt d'ailleurs aiſé de le reconnoître par la parfaite conformité du ſtyle, des Principes, des Hypothêſes, & de la maniére de raiſonner de cet Ecrit avec ceux de ſes autres ouvrages: enfin, celles qui n'avoient pas encore été publiées, comme

le *Traité du Mouvement des Pendules.* La ſeconde choſe à lequelle nous avons pris garde, ç'a été de collationer entr'elles les diverſes Editions, & de faire imprimer les piéces qui avoient déja paru, ſur les Editions les plus complettes & les plus exactes: Comme le *Traité de la Percuſſion ou Choc des corps*, ſur la troiſiéme Edition de Paris de 1679, qui pour l'exactitude & l'augmentation a un avantage très-conſidérable ſur la ſeconde: Les *Diſcours ſur les Plantes, la Nature de l'Air, & le Froid & le Chaud*, ſur l'Edition de Paris de 1676 & 1679: Le *Traité des Couleurs*, ſur celle de Paris de 1686: Le *Traité du Mouvement des Eaux*, ſur l'Edition de Paris de 1690 publiée par M^r^. de la Hire: Les *Régles des Jets d'eau*, ſur l'Edition qui s'en trouve dans le *Recueil des Ouvrages de Phyſique & de Mathématique de M^r^. de l'Académie des Sciences* in Folio à Paris 1693: La *Nouvelle Découverte touchant la Vuë*, ſur celle qui s'en trouve dans le Recueil de pluſieurs traitez de Mathématique de l'Academie Royale des Sciences, en grand Folio, à Paris de l'Imprimerie Royale 1679: Le *Traité du Nivellement*, ſur l'édition qui s'en trouve dans le même Recueil, laquelle pour l'augmentation & l'exactitude ſurpaſſe de beaucoup l'Edition précédente: Les *Expériences ſur les Couleurs & la Congélation de l'Eau*, ſur ce qui en a paru en l'an 1672 & 1682: L'*Eſ-*

ſai de Logique, ſur l'édition de Paris de 1678: Et pour ce qui eſt du *Traité du Mouvement des Pendules*, qui n'avoit point encore paru ; nous l'avons fait imprimer ſur le Manuſcrit Original de l'Auteur, qui, comme on le voit par la lettre miſe à la tête de ce Traité, l'envoya au célébre M^r. *Huigens*, qui, à ſa mort le légua, avec bon nombre d'autres Manuſcrits rares, à la Bibliothéque de l'Univerſité de *Leide*, d'où on me l'a communiqué à la priére que j'en avois faite à Meſſieurs les Curateurs de l'Univerſité, & en particulier les Bourguemaitres de la Ville de Leide.

A l'égard de l'ordre dans lequel nous avons diſpoſé ces différens Traitez, & qu'on peut voir dans la Table miſe à la Tête de ce premier Volume; nous avons jugé à propos de faire précéder les plus gros & les plus conſidérables, & de réſerver pour la fin ceux qui l'étoient moins, ſans avoir aucun égard au tems auquel ces différens Traitez ont paru. Il eſt vrai que l'ordre ſembloit exiger qu'on mit l'*Eſſai de Logique* à la tête, comme étant un livre qui contient les premiers principes des ſciences, & ſur tout de celle à laquelle M^r. *Mariotte* s'étoit appliqué. Mais c'eſt ce qui s'eſt trouvé impoſſible, parce que nous n'avons apris que cette piéce, qui étoit ſans nom d'Auteur, étoit de lui, qu'après l'impreſſion de pluſieurs autres piéces de ſa façon. Et en tout cas; s'il

y a en ceci du défaut, on peut dire qu'il eſt très petit; & que tout autre qui en auroit été informé à tems, en auroit uſé comme nous avons fait : Car, quoique ce Traité ne reſſemble point du tout, ou très peu, aux autres Traitez de ce genre, qui, ſi vous en exceptez cette partie qu'on nomme la Méthode, reſſemblent plutôt à des Métaphyſiques qu'à des Traitez qui contiennent les principes des Sciences; néanmoins, comme le Titre d'*Eſſai de Logique* eſt un préjugé peu favorable pour un Livre, ou du moins que bien des gens le regardent comme tel, il eſt certain que c'eſt une raiſon ſuffiſante pour le mettre dans l'endroit où nous l'avons placé, c'eſt à dire après toutes les piéces de Méchanique & d'Expériences.

Pour la correction : Nous oſons dire que nous n'avons rien négligé pour rendre à cet égard cette Edition la plus exacte qu'il a été poſſible. Nous avons eu ſoin d'employer pour cet effet des Perſonnes qui entendent non ſeulement la bonne Orthographe, mais même les matiéres contenuës dans ces différens Traitez: ce qui étoit d'autant plus néceſſaire, que d'un côté, c'eſt de l'intelligence des choſes que dépend la bonne ponctuation, comme c'eſt de la bonne ponctuation que dépend en partie la clarté d'un Ecrit; & de l'autre, que les Editions qui avoient paru juſ-

ques ici, étoient mal orthographiées, mal ponctuées, & qu'il y avoit encore plusieurs fautes de Calculs Numériques & Algébriques qui avoient béfoin d'être redressées, comme on pourra s'en convaincre; pourvu qu'on veuille se donner la peine de comparer entr'autres les calculs de la page 648 & suivante avec ceux de la vieille Edition. Ce que nous venons de dire se doit aussi entendre des Figures, qu'on a de même fait graver le plus exactement qu'il a été possible, en les faisant corriger & redresser par des Personnes très habiles & qui s'y entendent.

Pour plus grande commodité, aussi bien que pour rendre cette Edition plus belle: On a mis les propositions & les autres choses les plus dignes de remarque, en caractéres Italiques, au lieu que dans les Editions précédentes elles étoient la plupart en caractéres Romains: Dans les Traitez des *Plantes*, de la *Nature de l'Air*, & du *Chaud & du Froid*, on a mis des sommaires à la marge, afin que d'un coup d'œil on puisse voir le contenu des différens Paragraphes; & si l'on n'a pas fait la même chose dans les autres Traitez, c'est qu'on n'a pas jugé que cela fut nécessaire, les choses y étant assez distinguées par les propositions ou autrement: L'on a mis à la fin de cet Ouvrage un Indice de toutes les Matiéres qui y sont contenuës selon l'ordre & la suite de l'impression,

preſſion, afin que non ſeulement on puiſſe tout d'un coup ſe former une idée générale du contenu de ce Livre, mais auſſi qu'on puiſſe en tems & lieu trouver chaque matiére dont on a beſoin: Et enfin on a choiſi un papier conforme à la beauté du caractére, & l'on a diviſé tout l'Ouvrage en deux tomes, pour prevenir la peſanteur du volume.

Au reſte: je ne croi pas qu'il ſoit néceſſaire de rendre ici raiſon pourquoi l'on à mis dans la *Nouvelle Découverte touchant la Vuë*, les Lettres de Mrs. *Pecquet & Perrault*, qui ſont des piéces étrangéres. On voit aſſez que, les Lettres de Mr. *Mariotte* étant des réponſes qu'il leur a faites, la raiſon vouloit qu'on les y joignit, afin de faciliter d'autant plus l'Intelligence de ces derniéres.

TABLE
DU CONTENU ET DE L'ORDRE DES
OUVRAGES
DE Mr. MARIOTTE.

TOME PREMIER.

Traité de la Percussion ou Choc des corps ; dans lequel les principales Régles du mouvement sont expliquées & demontrées par leurs veritables causes. Nouvelle Edition revuë & augmentée de plusieurs propositions touchant l'accéleration du mouvement des corps qui tombent. Divisé en deux Parties. Pag. 1

Essais de Physique, ou Mémoires pour servir à la Science des choses naturelles. 117

— *Premier Essai. De la Vegetation des Plantes.* 119

— *Second Essai. De la Nature de l'Air.* 148

— *Troisiéme Essai. Du Chaud & du Froid.* 183

— *Quatriéme Essai. De la Nature des Couleurs.* 195

TOME SECOND.

Traité du Mouvement des Eaux & des autres Corps Fluïdes ; divisé en V. Parties : Imprimé sur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau. 321

Régles pour les Jets d'Eau. 482

Nouvelle Découverte touchant la Vuë, contenuë en plusieurs Lettres. Nouvelle Edition, revûë & corrigée. 495

Traité du Nivellement, avec la Description de quelques Niveaux nouvellement inventez : Imprimé sur la derniére & la plus compléte Edition, augmentée & corrigée de nouveau.. 535

Traité du Mouvement des Pendules, imprimé pour la premiére fois sur le Manuscrit original de l'Auteur écrit à Mr. Huygens. 557

Expériences touchant les Couleurs & la Congélation de l'eau. 601

Essai de Logique contenant les principes des Sciences, & la maniére de s'en servir pour faire de bons raisonnemens. Divisé en deux Parties. 609

TRAI-

TRAITTÉ
DE LA
PERCUSSION
OU CHOC
DES CORPS.

DANS LEQUEL LES PRINCIPALES Regles du mouvement, ſont expliquées & demonſtrées par leurs veritables cauſes.

NOUVELLE EDITION.

Revuë & Augmentée de pluſieurs propoſitions touchant l'acceleration du mouvement des corps qui tombent.

DIVISÉ EN DEUX PARTIES.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Academie Royale des Sciences.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

PREMIERE PARTIE.

DEFINITIONS.

I.

Corps flexible à ressort est celui qui ayant changé de figure, par le choc ou par le pressement d'un autre corps, reprend de soi-même sa premiere figure; comme un ballon plein d'air bien pressé, un anneau d'acier trempé, une corde de boyau tenduë fermement.

II.

Corps flexible sans ressort est celui qui ayant pris une nouvelle figure par le choc ou par le pressement d'un autre corps, conserve cette figure; comme la cire, la terre-glaise mediocrement imbibée d'eau.

III.

Vîtesse respective de deux corps, est celle avec laquelle ils s'approchent, ou s'éloignent l'un de l'autre, quelles que soient leurs vîtesses TAB. I.
propres; comme si le corps A est éloigné de quatre piés du corps B, Fig. 1.
& que dans le tems d'une seconde le corps A, parcoure l'espace AC, d'un pié, & le corps B, l'espace BC, de trois piés, chacun avec une vîtesse uniforme, la vîtesse propre du corps A, sera AC, ou 1. & celle du corps B, BC ou 3; mais leur vîtesse respective selon laquelle ils se rencontrent au point C, sera AB ou 4: Et en quelque autre lieu qu'ils se rencontrent, soit que tous deux soient en mouvement, soit que l'un d'eux soit en repos, leur vîtesse respective sera toûjours dite la même, si étant à une distance de quatre piés l'un de l'autre lors qu'ils commencent à se mouvoir, ils se rencontrent dans le même tems d'une seconde.

SUPPOSITIONS.

I.

UN corps étant mis en mouvement, continuëra toûjours son mouvement de même part avec la même vitesse, s'il n'est empêché par la rencontre d'un autre corps, ou par quelque autre cause.

Cette Supposition est receüe par plusieurs savants Géometres; & l'experience qui la peut confirmer, est de donner un mouvement en rond à un pendule de seize ou dix-sept piés, apres avoir éloigné son plomb de son point de repos de huit ou dix piés: car ce plomb tournera assez lentement, & quoi que l'air lui resiste, & que sa pesanteur le pousse vers son point de repos, il ne laissera pas s'il pése environ une livre, de parcourir l'espace de plus de 700 toises en 400 tours, & de continuer encore son mouvement assez long-tems, ce qui peut faire juger que sans ces empêchemens, il continueroit toûjours à se mouvoir de même. Il ne faut point croire que le ressort de l'air soit la cause de la continuation du mouvement, en s'étendant en rond depuis la partie anterieure du Corps poussé, jusques à sa partie posterieure: car l'air qui est poussé en avant & à côté par un Corps qui se meut, fait agir son ressort vers les mêmes parties; & celui qui suit le corps immediatement est l'air qui lui étoit contigu avant le mouvement, comme on le peut juger, lors qu'on laisse tomber de deux ou trois pieds de hauteur une petite balle de plomb dans un seau d'eau; car cette balle ayant percé l'eau, entraîne aprés soi le même air qui la suivoit, & on le voit s'élever en petites bulles rondes vers le haut de l'eau, aussi-tôt que la balle a touché le fond: ce qui fait connoître que la partie du corps fluide qui est poussée en avant par un corps qui se meut, ne vient point ensuite le chocquer par derriere.

II.

Les corps qui sont poussez de bas en haut par des forces differentes s'élevent à des hauteurs differentes; & ces hauteurs sont entre-elles comme les quarrez des vitesses avec lesquelles ces corps ont commencé à s'élever: Et reciproquement les corps qui tombent de differentes hauteurs par leur propre poids sur une même surface horisontale, rencontrent cette surface avec des vitesses differentes, dont les quarrez sont l'un à l'autre, comme ces hauteurs. Par exemple, si un corps poussé de bas en haut commençant à se mouvoir avec une certaine vîtesse, s'éleve a un pié de hauteur; il s'élevera à quatre piés, si étant poussé plus fort il commence son mouvement avec une vîtesse double de la premiere: & commençant son mouvement avec une vîtesse triple de la premiere, il s'élevera à neuf piés.

III.

TAB. I. Fig. 2. *Si un corps comme B, suspendu à un fil AB, est poussé perpendiculairement de bas en haut, & qu'il s'éleve à une hauteur comme BD; lors qu'il sera*

sera poussé horisontalement, en sorte qu'il commence son mouvement avec la même vîtesse, il s'élevera à la même hauteur en C, par l'arc BC, la ligne CD étant supposée horisontale : Et s'il retombe, soit par la perpendiculaire DB, soit par l'arc CB, il reprendra au point B, une vîtesse égale à celle qui l'avoit fait élever en C ou en D.

Cette Supposition & la precedente sont assez bien établies par *Galilée* & par plusieurs autres Géometres, si l'on fait abstraction de la resistance de l'air & des autres empêchemens; & elles sont conformes aux experiences à fort peu prés, nonobstant la resistance de l'air; mais on les prend ici dans la precision exacte pour rendre les Demonstrations plus intelligibles.

IV.

Les petits battements d'un pendule se font en des tems sensiblement égaux, quoi que son plomb décrive des arcs inégaux; mais pour la facilité des demonstrations, on suppose ici que ces tems sont precisément égaux.

PROBLEME.

PROPOSITION I.

Faire que deux corps se rencontrent directement avec des vîtesses qui soient l'une à l'autre en telle raison que l'on voudra.

POUR executer facilement ce Probleme, il faut avoir une machine semblable à celle qui est representée dans la 3. Figure.

A B C, est une piece de bois triangulaire posée de maniere que la ligne BC, soit parallele à l'horison. La surface A B C, est plane & polie, de cinq ou six piés de hauteur, & perpendiculaire à l'horison. DE, est une ligne en cette surface, parallele à BC, d'environ deux ou trois pouces de longueur, divisée également au point F. DI, FK, EL, sont des lignes tracées sur la surface ABC, perpendiculaires à DE, égales entre elles, & de quatre ou cinq piés de longueur. On plante deux clouds aux points D, & E, & l'on y attache deux filets où sont suspenduës deux boules de terre-glaise mediocrement molle, le tout en sorte, que si l'on imagine les trois lignes IH, K*d*, LG, de quatre pouces chacune, être élevées perpendiculairement sur la surface ABC, les points H & G soient les centres des boules suspenduës, & le point *d*, celui où elles se touchent étant en repos, lorsqu'elles sont égales : LM, IN, sont deux arcs de cercle de 30. degrez chacun, dont les lignes DI, EL, sont les demi diametres. Ces arcs seront divisez par degrez depuis les points I & L, & les divisions seront marquées par de petites lignes inclinées aux centres D & E, comme la ligne XY. On peut prendre cette surface ABC, dans un mur de pierre de taille ou de plâtre, &c. selon la commodité qu'on en au- TAB Fig :

TAB. I. Fig. 4. aura. La maniere dont les boules que nous appellerons G & H, sont attachées aux filets, est representée par la Figure marquée 4. en laquelle le point O, represente le centre de la boule. R S est un petit morceau de bois attaché au filet de suspension, à l'entour duquel on accommode la terre-glaise en boule selon les dimensions necessaires, afin qu'elle puisse être soûtenuë par le filet & conserver sa figure ronde. S P T est un petit filet attaché au morceau de bois, & passant à travers la partie S P de la boule; afin que le petit bout P T, qui passe au delà, puisse servir pour éloigner aisément les boules l'une de l'autre, & pour les pouvoir laisser aller l'une contre l'autre en même tems.

Ces choses étant ainsi disposées; on tirera par le moïen du petit filet P T, l'une des boules comme G, jusques à ce que son centre soit vis à vis du point qui marquera le degré qu'on aura choisi comptant les degrez depuis le point L. Par exemple, si l'on veut prendre douze degrez, & que le point X marque le douziéme degré, on élevera le centre de la boule G, jusques à ce qu'il soit à la hauteur de ce point; ce que l'on connoîtra, si l'on a un carton taillé en quarré long, qui ait été plié en sorte qu'on ait fait toucher deux de ses points extremes, comme α & θ, & qu'en suitte on lui ait fait prendre une figure comme $\alpha\beta\theta\delta$ car la partie $\alpha\beta\theta$ étant posée sur une surface plane, la ligne droite $\beta\gamma\delta$, faite par le ply, sera perpendiculaire à cette surface. Si donc on pose le point β sur le point X, la ligne $\beta\gamma$ étant égale & paralléle à la ligne L G, qui est la distance des filets de suspension jusques à la surface A B C, & qu'on éleve la boule G, jusques à ce que son filet de suspension touche le point γ; on connoîtra deux choses: La premiere, que le centre de la boule sera vis-à-vis du point X, & par consequent autant éloigné de son point de repos, que le point X l'est du point L: La seconde, que ce même centre, qui est aussi supposé le centre de pesanteur de la boule, conservera toûjours en tombant la même distance L G, jusques à la surface A B C.

TAB. I. Fig. 5.

Or si X Z est perpendiculaire à E L, la ligne L Z sera le sinus verse de l'arc L X; & si l'on veut que l'autre boule H, chocque la boule G, au point d, avec une vîtesse double, il faut prendre la ligne I a, quadruple de L Z, & trouver par les tables des sinus, l'arc qui correspond au sinus verse de cette grandeur, qui sera I e, si la ligne ae, est perpendiculaire à D I. Il faut en suitte tirer la boule H, jusques à ce que son centre soit vis-à-vis du point e, par le moien du carton $\alpha\beta\theta\delta$. Alors si l'on tient les deux boules en ces situations par le moien des petits filets representez par la ligne P T, & qu'on les laisse aller en même tems, elles se rencontreront au point d, en sorte que la boule H, aura immediatement avant le choc une vîtesse double de celle de la boule G; ce qui se prouve en cette sorte.

TAB. I. Fig. 4.

D'autant que le sinus verse I a, est quadruple du sinus verse Z L, la vîtesse acquise par la cheute de la boule H, de la hauteur a I, seroit dou-

double de la vîteſſe acquiſe par la boule G, de la hauteur L Z, par la ſeconde ſuppoſition: Mais par la troiſiéme ſuppoſition les vîteſſes acquiſes par les mêmes boules dans leurs cheutes par les arcs *e*I, X L, depuis les points *e* & X, ſont égales aux vîteſſes acquiſes par les mêmes boules dans leurs cheutes perpendiculaires *a*I, Z L. Donc la vîteſſe de la boule H, lors que ſon centre ſera arrivé à ſon point de repos, ſera double de celle de la boule G, lorſque ſon centre ſera auſſi arrivé à ſon point de repos: Et parce que ces centres arrivent en même tems à leurs points de repos par la quatriéme ſuppoſition, & qu'en ce même inſtant les boules ſe chocquent au point *d*; il s'enſuit qu'à l'inſtant qui précéde immediatement l'inſtant de leur choc, la vîteſſe de la boule H, ſera double de la vîteſſe de la boule G. Que ſi l'on veut que la boule H, chocque l'autre avec une vîteſſe triple; on prendra au lieu des arcs I*e*, L X, deux autres arcs tels que le ſinus verſe de l'un ſoit neuf fois plus grand que celui de l'autre: Et par les mêmes raiſons ſi on éleve les boules juſques aux extremitez de ces arcs, & qu'on les laiſſe aller en même tems; la vîteſſe de l'une ſera triple de la vîteſſe de l'autre immediatement avant le choc. On fera de même dans les autres proportions.

Pour éviter la peine de chercher les ſinus verſes dans les tables, il ne faut que prendre les arcs en la proportion qu'on veut avoir les vîteſſes; car par ce moien on approchera ſi près de la juſte proportion que la difference en ſera inſenſible, quand les arcs n'excedent pas 15. degrez: comme ſi l'arc L X étoit de 6. degrez, I*e*, ſeroit de 12. degrez une minute; c'eſt à dire $\frac{1}{720}$ de plus que ſi l'on avoit pris preciſément un arc de 12. degrez; ce qui ne feroit qu'environ $\frac{1}{7}$ de ligne, ſi la longueur du pendule n'étoit que de quatre piés, qui eſt une difference qu'on peut facilement ſuppléer en mettant le point β du petit carton un peu plus haut que la petite ligne qui marque le degré, ſelon l'eſtime qu'on en pourra faire à peu prés.

De même quoi que la cheute par un arc de 12. degrez, ſe faſſe en un tems un peu plus grand que par un arc de 6. degrez, & que cela doive faire rencontrer les boules ailleurs qu'en leur vrai point de repos; la difference n'en eſt pas conſiderable, parce qu'elle ne ſera au plus que de l'eſpaiſſeur d'une feüille de papier; ce qui n'empeſche pas une exactitude ſuffiſante dans les experiences qu'on fera avec ces boules: & même ce defaut pourra être recompenſé ſuffiſamment ſi on éleve la boule qui décrit le plus petit arc, à un quinziéme de ligne à peu prés, plus haut que la ligne qui le marque.

On ſuppoſe donc pour rendre les demonſtrations exactes dans les propoſitions ſuivantes, que les arcs ſont preciſément dans les mêmes proportions que les vîteſſes acquiſes par les boules en deſcendant par ces arcs juſques à leurs points de repos: Mais en faiſant les experiences, il faudra conſiderer que l'arc doit être un peu plus que double, pour don-

donner une vîtesse double; & ainsi dans les autres proportions.

Il faudra encore considerer que les plombs des pendules ne remontent jamais si haut que le point d'où ils sont descendus, à cause de la resistance de l'air & des autres empéchemens; mais que quand les arcs n'excedent pas 12. ou 15. degrez, la difference n'est pas beaucoup considerable.

Il ne faut pas aussi se mettre en peine si les distances des centres des boules jusques à leurs points de suspension, ne sont pas precisément de la longueur des demi-diametres DI, EL; car cela n'empêchera pas que les arcs décrits par les boules ne soient toûjours d'autant de degrez, & dans les mêmes proportions. Mais il faut observer le plus exactement qu'on pourra que ces centres soient à même hauteur, comme aussi les points de suspension des boules.

Il est encore manifeste par l'experience, que les boules de terre-glaise se chocquant s'attachent l'une à l'autre, quand elles sont mediocrement molles, & on le suppose dans les experiences qui doivent être faites avec ces boules.

Si les boules sont inégales, elles ne se touchent pas au point *d*, lorsqu'elles sont en repos; mais en changeant un peu leur figure ronde, on pourra les y faire toucher. Que si l'on veut conserver leur figure ronde, il y faudra ajoûter un peu de terre, & faire en sorte que lorsquelles seront en repos, elles se touchent precisément.

Que si on veut faire chocquer deux boules avec des vîtesses égales ou differentes, qui fassent la même vîtesse respective; il faut prendre un arc comme L X, pour la vîtesse respective, qu'on apellera de 12. degrez si l'on veut.

Or si l'on éloigne les deux boules de six degrez chacune, de leur point de repos, & qu'on les laisse aller en même-tems; elles se chocqueront avec la même vîtesse respective de 12. degrez. La même chose arrivera si l'on prend 4. degrez d'un côté, & 8. de l'autre. ou 16. degrez, & 4. degrez d'un même côté: & de même en toutes les autres proportions, pourvûque la somme des degrez des deux arcs soit toûjours la même quand ces mouvemens sont opposez, ou que leur difference soit la même, quand ils sont d'un même côté: Car par la 4. supposition, les boules se rencontreront toûjours dans un même intervalle de tems, à compter depuis le commencement de leurs cheutes, jusques au moment que leurs centres arrivent à leurs points de repos, auquel moment elles doivent se rencontrer, & leurs vîtesses propres seront toûjours entre-elles de même que si elles étoient representées par les parties d'une ligne droite, supposant que la vîtesse de chaque boule soit uniforme, soit que les boules soient égales ou inégales.

Mais parce que les mouvemens des boules en pendule s'accelerent jusques à leur point de repos; on ne considere ici que la vîtesse qu'elles ont acquise en ce point: Et lors qu'on parle de leurs vîtesses avant ou

ou apres leur choc, on entend celles qu'elles ont immédiatement avant ou après leur choc, qu'on apellera aussi leurs vitesses premiéres ou secondes.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION II.

SI un corps étant en mouvement est poussé par un autre corps selon la même ligne de direction, ou selon une autre; le corps poussé prendra un mouvement qui dépendra des deux causes, & sera composé du premier mouvement & du second, tant à l'égard de sa direction, qu'à l'égard de sa vitesse.

On en peut voir l'expérience en frapant de travers une boule qui roule. Car elle ne suivra pas sa premiére direction, & n'ira pas aussi du côté qu'on l'aura poussée; mais elle prendra une direction oblique entre les deux autres, & sa vitesse sera aussi augmentée. Et si lors qu'on tire une Arbaléte, on pousse la main en avant, le trait ira plus loin, que si l'on n'avance point la main; & il ira moins loin, si l'on retire la main au lieu de l'avancer. De même, si on lance un dard à course de cheval, il percera bien mieux ce qu'il rencontrera, que s'il étoit poussé par le seul mouvement du bras.

SECOND PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION III.

LOrsque deux corps se choquent directement, la puissance ou force de leur choc pour faire impression l'un sur l'autre est la même, soit qu'ils aillent l'un contre l'autre avec des vitesses égales ou inégales, ou qu'un seul des deux soit en mouvement, ou que tous deux aillent de même part; pourvû que la vitesse propre de chacun d'eux soit uniforme selon la premiére supposition, & qu'étant en même distance lors qu'ils commencent à se mouvoir, ils emploïent des tems égaux à se rencontrer, c'est à dire, pourvû que leur vitesse respective soit toujours la même.

A & B sont deux corps, dont la distance est la ligne A B: Or soit qu'ils se rencontrent en C, A se mouvant avec la vitesse A C d'un degré, & B avec la vitesse B C de 3 degrez; ou qu'ils se rencontrent en D, tous deux avec des vitesses égales de 2 degrez, ou en B, A se mouvant seul avec la vitesse A B de 4 degrez; la force du choc sera toujours égale; TAB. I. Fig. 1.

B &

& il est évident par la Définition 3^e^. que la vitesse respective avec laquelle ils se rencontrent en ces points différents, est toujours la même: puis qu'étant toujours en la même distance AB, avant que de se mouvoir, ils se rencontrent dans un même intervalle de tems, le corps A arrivant aussi-tôt en B, avec une vitesse de quatre degrez, qu'en D, avec une vitesse de deux degrez, ou en C, avec une vitesse d'un degré, & le corps B arrivant aussi dans le même tems en C ou en D, avec la vitesse BC, 3. ou BD, 2. Que si le corps A se meut avec la vitesse AE de cinq degrez, & B avec la vitesse BE d'un degré de même part; ils se choqueront en E, & la force de ce choc sera encore égale aux précédentes; car leur vitesse respective sera toujours la même, parce qu'ils se rencontrent dans le même intervalle de tems, le corps A arrivant aussi-tôt au point E, avec la vitesse AE, qu'au point B, avec la vitesse AB, & le corps B arrivant aussi-tôt en E avec la vitesse BE, qu'en C avec la vitesse BC; & ces deux corps arrivent aussi dans le même tems à chacun de ces points, par les régles du mouvement local uniforme.

Cette Proposition se prouve facilement par l'expérience: si ces corps sont des boules de terre glaise médiocrement molle, en les faisant choquer avec de telles vitesses propres qu'on voudra, la vitesse respective demeurant toujours la même, comme il a été enseigné en la premiére Proposition: Car ces boules s'applatiront toujours de la même façon. Elle se prouve aussi par les expériences que l'on peut faire dans un bateau qui va très vîte sur l'eau: car si l'on pousse quelque corps avec la même force, soit du côté où le bateau va, soit vers le côté opposé, ou de travers; il choquera toujours de même force les corps qui sont dans le même bateau à distances égales; ce qui procéde de ce que la vitesse respective est toujours la même, quoi que la vitesse propre du corps qui choque & de celui qui est choqué, ne soit pas toujours la même, à cause du mouvement du bateau.

TROISIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION IV.

SI deux corps semblables & inégaux de même matiére sont mûs avec des vitesses égales, l'effort du plus grand corps sera plus grand que celui du moindre sur les corps qu'ils rencontreront; & si deux corps semblables & égaux de même matiére sont mûs avec des vitesses inégales, celui qui est mû avec la plus grande vitesse, fera aussi le plus d'effort sur les corps qu'il rencontrera, soit que le choc soit horizontal, ou de bas en haut, ou d'autre sorte.

Cet-

Cette Propoſition ſe prouve facilement par l'expérience: car ſi l'on jette une balle de plomb avec une grande force, elle entrera bien plus avant dans de la terre molle, que ſi on la jette avec une force médiocre; & ſi l'on jette avec une égale viteſſe deux boules de fer, dont l'une péſe deux ou trois fois autant que l'autre, contre quelque corps pour le renverſer, ou pour le rompre, on verra toujours que la plus peſante fera un plus grand effet: On ſait auſſi qu'un bâton qui eſt emporté par une eau courante eſt bien plus facilement arrêté qu'une poutre qui eſt emportée par la même eau, avec la même viteſſe; & qu'une boule de bois roulant eſt plus facilement arrêtée, qu'une de fer auſſi groſſe roulant avec la même viteſſe.

On dira d'un corps qui va plus vîte qu'un autre qui lui eſt égal en peſanteur, ou qui eſt plus peſant & va d'une égale viteſſe; qu'il a une plus grande puiſſance de mouvement, ou une plus grande quantité de mouvement. On conſidére donc ici la quantité de mouvement comme un compoſé du poids & de la viteſſe d'un corps, & pour en déterminer l'idée, on apellera le produit du poids d'un corps par ſa viteſſe, ſa quantité de mouvement: comme ſi un corps péſe trois livres, & un autre deux livres, & que la viteſſe du premier ſoit quadruple de celle du ſecond; on dira que la quantité de mouvement du premier ſera douze, ſavoir le produit de trois de poids par quatre de viteſſe, & celle du ſecond deux, qui eſt le produit de deux de poids par un de viteſſe. De même, ſi le poids du premier eſt au poids du ſecond comme trois à deux, & la viteſſe du ſecond à celle du premier, comme ſept à quatre, leurs quantitez de mouvement à l'égard l'une de l'autre ſeront dites, douze & quatorze, dont l'une eſt le produit du nombre qui exprime le poids du premier corps, ſavoir trois, par quatre, qui exprime ſa viteſſe; & l'autre eſt le produit de deux, qui exprime le poids du ſecond, par ſept, qui exprime ſa viteſſe: d'où il s'enſuit que ſi l'on diviſe la quantité de mouvement d'un corps par le nombre qui marque ſon poids, le quotient ſera le nombre qui marquera ſa viteſſe.

Que ſi l'on veut repréſenter les poids & les viteſſes par des lignes; le rectangle de deux lignes, dont l'une marquera le poids, & l'autre la viteſſe d'un corps, à l'égard d'un autre corps, ſera dit la quantité de mouvement de ce corps.

Or par le poids d'un corps, on n'entend pas ici la vertu qui le fait mouvoir vers le centre de la terre; mais ſon volume avec une certaine ſolidité ou condenſation des parties de ſa matiére, qui eſt vrai-ſemblablement la cauſe de ſa peſanteur, laquelle eſt plus ou moins grande à l'égard des autres corps, quand il a plus ou moins de volume, ou qu'il eſt plus ou moins condenſé; & l'on apellera toujours la quantité de mouvement d'un corps, le produit de ſon poids par ſa viteſſe, ſoit qu'il aille de haut en bas, ou de bas en haut, ou horiſontalement, &c.

QUATRIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION V.

SI un corps en repos suspendu est choqué horisontalement par un autre corps plus pesant, il résistera moins au mouvement, & le corps choquant recevra moins d'impression par le choc, que si le corps en repos étoit également pesant; & plus le corps en repos sera pesant, plus il résistera au mouvement; pourvû que le corps choquant demeure toujours le même, & qu'il rencontre toujours l'autre avec la même vitesse.

On connoitra la vérité de cette Proposition par l'expérience, en frapant d'une même vitesse avec la main deux corps suspendus inégaux en pesanteur, car on sentira moins de douleur par la rencontre du corps moins pesant: & si l'on suspend une boule de terre molle, & qu'on la laisse aller avec une certaine vitesse contre une boule de bois en repos suspenduë de même, & qui soit deux fois plus pesante; on verra qu'elle la fera mouvoir plus lentement, & qu'elle s'applatira davantage par le choc, que lorsqu'elle en rencontrera une autre qui lui sera égale en poids; & si on la fait choquer contre une autre boule deux fois moins pesante qu'elle, elle s'applatira encore moins, mais elle la fera aller plus vîte, pourvû qu'elle la rencontre toujours directement avec une même vitesse. Donc si un corps suspendu est choqué par un autre, &c. ce qu'il falloit prouver par expérience.

Il est bon de remarquer que la résistance de l'air contribuë fort peu à ces effets, quand la vitesse est médiocre, puisqu'une boule de plomb de deux livres résistera plus au mouvement d'une boule de terre molle, qu'une boule de bois d'une livre; quoique le volume de cette derniére étant plus grand, elle pousse plus d'air devant soi, & en entraine plus après soi que l'autre. Ce n'est pas aussi à cause du principe du mouvement vers le centre de la terre, qu'un corps plus pesant résiste plus au mouvement d'un autre corps, qu'un moins pesant, lorsqu'il est choqué horisontalement; car son mouvement vers le centre n'est point empêché. Mais la véritable cause de cét effet, est la même qui rend ce corps plus pesant, savoir la plus grande quantité de sa matiére. Ainsi, s'il y a deux ou trois pintes d'eau dans un vaisseau, & une pinte seulement dans un autre, & qu'on jette en chacun de ces vaisseaux une égale quantité de fer embrasé; l'eau du dernier deviendra plus chaude que celle de l'autre, à cause qu'il y aura moins de matiére à échaufer; & le fer sera plutôt refroidi par la plus grande quantité d'eau, que par la moindre.

On

On peut remarquer qu'un corps quoique peu pesant, résiste beaucoup à prendre une grande vitesse tout à coup. On en voit l'expérience en suspendant horisontalement un couteau pointu; car si quelqu'un tenant à la main une assiette d'étain, la pousse sans la lâcher, contre la pointe du couteau avec une grande force, ce couteau entrera dedans & la percera; ce qui n'arriveroit pas, si le couteau cedoit facilement au choc: & si on tire un mousquet contre une girouëtte, en sorte que la balle la rencontre vers son milieu, elle la percera; parce qu'il est moins difficile d'en rompre & détacher quelques parties les unes des autres, que de la faire mouvoir toute entiére avec une très-grande vitesse tout à coup.

AVERTISSEMENT.

CE principe peut servir pour expliquer le deuxiéme, lorsque les poids sont inégaux: car si c'est le plus grand corps qui choque le moindre en repos, ce dernier cedant moins difficilement que s'il étoit égal, diminuë la force du coup; & si c'est le moindre qui choque, la grande résistance du plus pesant fait que la force du coup est augmentée.

Or si on suppose que ces résistances soient suivant la proportion des poids, on pourra juger que l'impression mutuelle du coup produit par un corps de quatre livres, rencontrant une résistance d'une livre, doit être égale à celle d'une livre rencontrant une résistance de quatre livres, & de même à l'égard des poids qui sont en d'autres proportions.

CINQUIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION VI.

SI les quantités de mouvement de deux corps sont égales lorsqu'ils se choquent directement, ils s'arréteront l'un l'autre, & demeureront sans mouvement, s'ils s'attachent ensemble; mais si les deux quantitez de mouvement sont inégales, ils ne demeureront pas en repos immédiatement après le choc.

Faites que la boule H de la machine décrite en la premiére Proposition soit double de la boule G; & qu'elles se touchent lors qu'elles seront en repos, sans s'appuyer l'une contre l'autre: Eloignez la plus grosse H de son point de repos par un arc de dix degrez, & la moindre G par un arc de vingt degrez selon la maniére qui y est enseignée: Laissez les aller en même tems, afin qu'elles se rencontrent lors que leurs centres seront arrivez en leurs points de repos, auquel moment elles se choqueront directement avec des quantitez de mouvement égales, par TAB. I. Fig. 3.

 ce

ce qui a été dit en la 4^e^. Propoſition, ou ce qui eſt la même choſe, leurs viteſſes & leurs poids ſeront en raiſon réciproque immédiatement avant leur choc; alors vous les verrez toutes deux demeurer ſans mouvement. On obſervera toujours la même choſe, ſi leurs poids & leurs éloignemens de leur point de repos ſont en d'autres raiſons réciproques; comme de trois à un, ou de trois à deux. Mais ſi l'on augmente un peu le poids ou la viteſſe d'une des boules, on verra qu'elle emportera l'autre un peu au delà de ſon point de repos. Donc ſi les quantitez de mouvement de deux corps, &c. ce qu'on s'étoit propoſé de prouver par expérience.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que ſi deux corps mols ſans reſſort ſe choquant directement, perdent leur mouvement, leurs poids & leurs viteſſes étoient réciproques immédiatement avant le choc, c'eſt à dire, qu'elles avoient une égale quantité de mouvement.

AVERTISSEMENT.

Ce principe d'expérience ou régle de la nature, & cette conſéquence, ſont preſque la même choſe que ces principes de Méchanique; les corps dont les poids & les diſtances ſont réciproques en une balance, font équilibre; & s'ils font équilibre, leurs poids & leurs diſtances ſont réciproques. *Même ces derniers principes ſuivent en ordre de nature les deux autres, & en dépendent : car la cauſe naturelle de l'équilibre de deux corps qui ont leurs poids & leurs diſtances réciproques, procéde de ce qu'ils ſont diſpoſez à ſe mouvoir avec des viteſſes réciproques à leurs poids; celui dont la diſtance eſt ſous-double, ne pouvant deſcendre, que l'autre qui eſt ſuppoſé peſer la moitié moins, ne s'éléve avec une viteſſe deux fois plus grande. Et de même qu'on appelle quantité de peſanteur la force d'un poids dans une diſpoſition à ſe mouvoir ſelon une certaine viteſſe à proportion du bras de la balance où il eſt attaché; on appelle ici quantité de mouvement, la force de ce poids ſe mouvant effectivement ſelon cette viteſſe. Et comme un poids de ſix livres à une diſtance de deux piés du centre de mouvement d'une balance, eſt dit avoir une même force de peſanteur qu'un poids de quatre livres à une diſtance de trois piés; ainſi un poids de ſix livres avec deux degrez de viteſſe ſera dit avoir une même puiſſance de mouvement, ou une même quantité de mouvement, qu'un poids de quatre livres avec trois degrez de viteſſe. Mais pour faire connoître que la différence de diſtance du centre de mouvement d'une balance n'augmente pas de ſoi & immédiatement la force de peſanteur des poids; attachez un poids d'une livre à une diſtance de deux piés de ce centre, & le ſouſtenez en mettant la main ſous la balance à l'endroit où eſt le poids, & enſuite au lieu de la livre, mettez y un poids de trois livres, à la diſtance d'un de-*

demi pié ; car en ce dernier cas, vous aurez la main chargée comme de trois livres ; & au premier cas seulement comme d'une livre : quoi que ces deux poids étant mis de part & d'autre du centre de la balance selon ces distances, la livre emporte les trois livres. D'où il s'ensuit que ce principe de Méchanique, les poids égaux en des distances inégales pésent inégalement, *se doit entendre lors que ces poids sont mis ensemble d'un côté & d'autre du centre de la balance ; puis que les forces de pesanteur qu'ils ont en ces distances différentes, procédent de ce qu'ils sont disposez à se mouvoir avec des vitesses différentes. On peut comparer la vitesse d'un corps à celle d'un autre, en les exprimant par des nombres qui dénotent leurs raisons ; comme si la vitesse d'un corps est à celle d'un autre en la raison de six à onze, on dira que la vitesse de l'un est de six degrez, & celle de l'autre d'onze degrez : même on peut les exprimer par le nombre des degrez des arcs de cercle qu'ils décriront dans les expériences qu'on fera avec les pendules de la machine décrite en la premiére Proposition.*

PROPOSITION VII.

SI deux Corps inégaux en pesanteur sont mûs avec des vitesses égales, leurs quantitez de mouvement seront l'une à l'autre en la raison de leurs poids.

Cela est évident : car si un Corps A pése deux fois autant qu'un autre Corps B, & que leurs vitesses soient égales, A étant imaginé divisé en deux poids égaux C & D, la quantité de mouvement de la moitié C sera égale à celle du corps B, puisqu'ils ont même poids & même vitesse ; & la quantité de mouvement de l'autre moitié D étant aussi égale à celle du poids B, la quantité de mouvement de C & D ensemble, c'est à dire, celle du corps entier A, sera double de celle du corps B. Cette Proposition se prouve aussi par ce qui a été dit en la Proposition quatriéme ; Car le produit du poids du corps A par sa vitesse, sera double du produit du poids du corps B par la même vitesse, & ces produits qui sont entre eux comme les poids, sont leurs quantitez de mouvement. On dira de même, si les poids de ces corps sont en d'autres raisons.

PROPOSITION VIII.

SI deux corps égaux en pesanteur, sont mûs avec des vitesses inégales, leurs quantitez de mouvement seront entre elles comme leurs vitesses.

Cette Proposition se prouve de même que la précédente : Car les produits des poids de ces corps, par leurs vitesses, seront l'un à l'autre comme les vitesses, & ces produits sont leurs quantitez de mouvement par la Proposition quatriéme.

PRO-

PROPOSITION IX.

Si deux corps ont leurs poids & leurs vitesses inégales, leurs quantitez de mouvement seront l'une à l'autre en la raison composée des poids & des vitesses.

TAB. I. Fig. 6. Soit le poids du corps A plus grand que celui du corps B; & que le corps A soit mû avec la vitesse C, & le corps B avec la vitesse D. Supposons aussi que le poids du premier soit au poids du second, comme la ligne E à la ligne F. Or le rectangle des lignes C & E sera la quantité de mouvement du corps A, & le rectangle des lignes D & F sera la quantité de mouvement du corps B, à l'égard l'un de l'autre, par la Proposition quatriéme. Mais ces rectangles sont l'un à l'autre en la raison composée de la ligne E à la ligne F, & de la ligne C à la ligne D. Donc les quantitez de mouvement de ces corps seront aussi l'une à l'autre, en la raison composée de leurs poids & de leurs vitesses; ce qu'on s'étoit proposé de prouver.

SIXIÉME PRINCIPE D'EXPERIENCE.

PROPOSITION X.

Si un corps mol sans ressort choque directement un autre corps mol & sans ressort, les deux ensemble étant joints après le choc, iront de même part que le corps choquant, & la quantité de mouvement des deux ensemble sera égale à la quantité de mouvement de ce corps avant le choc.

Pour prouver cette Proposition par l'expérience: Servez vous des deux boules en pendule de la machine décrite en la premiére Proposition. (TAB. I. Fig. 3.) Tirez la boule G, jusques à ce que son centre soit vis-à-vis du point X, & si les boules sont d'un poids égal, prenez de l'autre côté un arc qui soit égal à la moitié de l'arc LX, observant ce qui a été dit en la premiére Proposition, faites mettre le point β du carton qui sert d'équerre sur la petite ligne qui marque ce dernier arc, (TAB. I. Fig. 5.) alors si vous laissez aller la boule G, elle choquera directement la boule H qui est supposée en repos, & vous verrez aller les deux ensemble après le choc, & remonter du côté du point N, jusques à ce que le fil de suspension de la boule H, soit très près de la ligne βγδ du carton; car la résistance de l'air empêche qu'il n'y aille précisément, & s'il y alloit ce seroit une marque que les deux boules ensemble immédiatement après le choc auroient eu une vitesse plus grande que la moitié de celle de la boule G avant le choc, par les raisons qui ont étées en la premiére

miére Propoſition. Donc les deux boules enſemble auront commencé à remonter vers N avec une viteſſe moindre de moitié, que celle qu'avoit la boule G avant le choc: D'où il s'enſuit qu'aprés le choc la viteſſe des deux boules enſemble ſera à celle de la boule G avant le choc, réciproquement comme ſon poids, au poids des deux boules enſemble; donc la quantité de mouvement des deux boules enſemble aprés le choc, ſera égale à celle de la boule G avant le choc. Que ſi la boule G a ſon poids double de celui de la boule H, & qu'on éléve la boule G juſqu'au quinziéme degré, on verra remonter aprés le choc la boule H juſqu'au dixiéme degré; & par conſéquent la quantité de mouvement des deux boules enſemble aprés le choc ſera 30 produit de 3 de poids par 10 de viteſſe, qui eſt la même qu'avoit la ſeule boule G avant le choc. On verra les mêmes proportions, à quelque degré qu'on éléve la boule G, & quelques proportions qu'ayent les poids des deux boules entre eux. Donc ſi un corps mol ſans reſſort &c. ce qu'il falloit prouver par expérience.

PREMIÉRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition que le mouvement d'un corps qui n'en rencontre point de contraire, ne ſe perd point, puis que la quantité de mouvement qui eſt dans les deux boules jointes enſemble eſt égale à celle qui étoit dans la ſeule boule G: il s'enſuit auſſi que pour trouver quelle doit être la viteſſe de deux corps mols joints aprés le choc, quelque viteſſe & quelque peſanteur qu'ait le corps qui donne le mouvement à l'autre, il faut diviſer ſa premiére quantité de mouvement par la ſomme des poids des deux corps; car le quotient ſera la viteſſe requiſe, puiſque cette derniére quantité de mouvement doit être égale à la premiére.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que ſi la viteſſe du corps qui ſe mouvoit ſeul eſt exprimée par un nombre égal à la ſomme des poids des deux corps, leur viteſſe commune aprés le choc ſera exprimée par un nombre égal au poids de ce premier; parce que la multiplication & la diviſion ſe font par un même nombre.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soient les poids 5 onces & 2 onces; donc la viteſſe de celui qui étoit ſeul en mouvement ſera 7, & ſa quantité de mouvement 35 ſi ſon poids eſt 5: or 35 étant diviſé par 7 donnera pour quotient le même nombre 5. Que ſi c'eſt le corps dont le poids eſt 2 qui ſe ſoit mû contre l'au-

tre, sa quantité de mouvement sera 14, lequel nombre étant divisé par 7 donnera le même nombre 2, & ainsi dans toutes les autres proportions.

AVERTISSEMENT.

Pour bien entendre comme se fait le mouvement commun des deux boules G & H; il faut concevoir que la partie la plus avancée de la boule H, perd un peu de sa vitesse au moment qu'elle rencontre l'autre, qui en reçoit aussi un peu en sa partie la plus avancée. Mais les parties de la boule H proches de celle qui a un peu perdu de sa vitesse, s'avancent alors plus vîte qu'elle, jusques à ce qu'elles touchent les parties de l'autre boule qui leur correspondent, & les fassent avancer avec elles, en perdant aussi une partie de leur vitesse; ce qui est cause de l'applatissement de ces premiéres parties de châque boule: Mais la partie opposée de la boule G, ne prend point de mouvement au commencement du choc, ou très-peu, & elle le reçoit & l'augmente successivement à mesure qu'il y a davantage de parties de la boule H, qui touchent la boule G: Comme aussi les parties de la boule H opposées à celles qui touchent l'autre boule, ne perdent point, ou perdent très-peu de leur vitesse à l'instant du choc, mais peu à peu à mesure que les deux boules s'aplatissent; car elles ne s'aplatiroient pas, si à l'instant du choc la boule H perdoit la moitié de sa vitesse en toutes ses parties, & que l'autre la receût; puis qu'allant aussi vîte l'une que l'autre, la boule H ne feroit plus aucune impression sur celle qui la précéderoit. Et enfin lorsque l'applatissemeut entier s'achéve, la boule H toute entiére n'a plus que la moitié de sa premiére vitesse, & l'autre en a receu une égale à cette moitié en toutes ses parties, & elles vont toutes deux ensemble avec cette vitesse égale à la moitié de la premiére vitesse de la boule H.

SEPTIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XI.

Si deux corps mols sans ressort vont de même part avec des vitesses inégales, & que le plus vîte rencontre l'autre directement; ils auront ensemble après qu'ils seront joints, une quantité de mouvement égale à la somme des quantitez de mouvement des deux corps avant le choc.

TAB. I. Fig. 3. Cette Proposition se prouve par l'expérience comme la précédente par le moyen de la machine décrite en la premiére Proposition: car si on

on éléve par exemple la boule G, jusques au vingtquatriéme degré, & la boule H, jusques au huitiéme degré de même part, vers le point M, contant les degrez de la premiére depuis le point L, & prenant avec l'ouverture d'un compas un arc de 8 degrez depuis le point I, jusques à quelque point de la circonférence L M; & qu'en suite on laisse aller les deux boules en même tems; elles se rencontreront lorsque leurs centres seront arrivez à leurs points de repos par la quatriéme supposition. Or si la boule G pése 8 onces, & l'autre 12, la proportion de leurs poids sera comme de 2 à 3, & celle de leurs vitesses comme de 3 à 1: & si l'on calcule leurs quantitez de mouvement par ces termes, celle de la boule G sera 6, & celle de la boule H 3, & leur somme 9, laquelle divisée par 5, somme des poids, donnera pour quotient $\frac{9}{5}$ dont la valeur réduite en degrez du cercle sera 14 degrez 24 minutes, puisque $\frac{9}{5}$ est à 14 degrez 24 minutes, comme 3 à 24, ou 1 à 8. Que si l'on veut conter les degrez des vitesses par ces degrez de cercle 24 & 8, la quantité de mouvement de la boule G sera 48, & celle de l'autre boule vingt-quatre, & leur somme 72, laquelle étant divisée par 5, somme des poids, donnera le même quotient 14 degrez 24 minutes; ce qui fera connoître que le fil de suspension de la boule H doit remonter jusques à cette hauteur, & on le verra par l'expérience, en y appliquant le petit carton α θ δ contant les degrez depuis le point I vers la lettre N: car on verra ce fil de la boule H aller tout contre le petit carton; & par conséquent les 2 boules ensemble seront remontées par un arc de 14 degrez 24 minutes, lequel nombre étant multiplié par 5, nombre des poids, le produit sera le même nombre 72 ci-dessus, somme des quantitez de mouvement des deux boules avant le choc. On trouvera la même chose, si l'on change en quelque sorte qu'on voudra les poids & les vitesses des boules qui se rencontrent directement allant de même part; savoir qu'aprés qu'elles seront jointes ensemble elles auront une quantité de mouvement égale à la somme de celles qu'elles avoient avant le choc. Donc si deux corps mols sans ressort vont de même part, &c. ce qu'on s'étoit proposé de prouver par expérience.

HUITIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XII.

SI deux corps mols sans ressort égaux ou inégaux se rencontrent directement, allant l'un contre l'autre avec des vitesses égales ou inégales, & que leurs quantitez de mouvement soient inégales avant le choc, la moindre

quantité de mouvement se perdra entiérement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps joints ensemble n'auront plus que la quantité de mouvement restante, c'est à dire la différence des deux quantitez de mouvement avant le choc; & cette différence divisée par la somme des poids, donnera la vitesse commune des deux corps joints après le choc.

TAB. I. Fig. 3. Faites que les deux boules de terre glaise G & H soient d'un poids égal, & les faites rencontrer avec des vitesses inégales, comme il a été enseigné en la premiére Proposition, élevant la boule H jusques au 20^e^. degré vers N, & la boule G jusques au 10^e^. degré vers M, afin que la vitesse de la boule H soit double de celle de l'autre boule avant le choc: alors vous les verrez aller ensemble après leur rencontre, jusques à ce que le fil de suspension de la boule G, soit remonté au cinquiéme degré: ce qui doit arriver, si la quantité de mouvement de la boule G se perd, & que la boule H en perde autant par le choc; Car si le poids de chaque boule est exprimé par l'unité, la quantité de mouvement de la boule H avant le choc, sera 20, & celle de la boule G 10, & par conséquent il ne leur restera que 10 de quantité de mouvement après le choc: mais ce nombre est le produit de 5 de vitesse commune, par 2, somme des poids, & est aussi la différence des deux quantitez de mouvement avant le choc: donc il ne leur restera que cette vitesse de 5. Que si l'on éléve la boule G jusques au seiziéme degré, afin que sa vitesse avant le choc soit à celle de l'autre boule, comme 4 à 5; on verra que les deux boules après le choc, ne remonteront que jusques au dixiéme degré vers M, ce qui doit arriver, si la moindre quantité de mouvement se perd, & qu'il s'en perde autant de la plus grande: Car si l'on exprime les vitesses des boules par les nombres des degrez des arcs, la quantité de mouvement de la boule H, sera 20, & celle de l'autre boule 16; & leur différence 4 étant divisée par 2, somme des poids, donnera 2, pour leur vitesse commune, lorsquelles seront jointes ensemble, par ce qui est dit à la fin de la Proposition quatriéme. D'où il s'ensuit que la quantité de mouvement des deux boules jointes, ne sera que 4, savoir la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc, de même que si la boule G étant en repos la boule H l'avoit choquée avec une vitesse de 4 degrez.

Que si l'on augmente toujours la proportion de la vitesse de la boule G, à celle de la boule H, on verra que la vitesse des deux ensemble après le choc diminuëra toujours, & qu'enfin lors qu'on élévera la boule G à 20 degrez, le mouvement des deux boules se perdra entiérement, conformément à la Proposition sixiéme; & dans toutes ces expériences, on verra toujours que la quantité de mouvement des deux boules après le choc, sera égale à la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc.

Soient maintenant les poids inégaux, & que le poids de la boule H, par exemple, soit quadruple du poids de la boule G; faites les rencon-

trer

trer avec des viteſſes égales de dix degrez chacune, & vous verrez qu'elles iront enſemble avec avec une viteſſe de ſix degrez, c'eſt à dire que le centre de la boule G ne s'élévera que juſques au ſixiéme degré: Ce qui doit arriver, ſi la quantité de mouvement de la boule G ſe perd, & qu'il s'en perde autant de l'autre; car il ne lui reſtera qu'une quantité de mouvement de 30, qui étant diviſée par 5, ſomme des poids, donnera ſix degrez pour leur viteſſe commune.

Que ſi la boule G eſt de ſix onces de poids & H de 8 onces, & qu'on laiſſe aller en même tems la boule H d'une hauteur de dix degrez, & la boule G d'une hauteur de 16 degrez, la quantité de mouvement de la boule G avant le choc ſera 96, produit de 16 de viteſſe par 6 de poids, & celle de la boule H 80, produit de 8 par 10. Or ſi la boule H perd ſa quantité de mouvement, & qu'il s'en perde autant de l'autre, il ne reſtera à la boule G que 16 de quantité de mouvement; & ſi l'on diviſe 16 par 14, ſomme des poids, le quotient donnera $\frac{8}{7}$ pour la viteſſe commune des deux boules; & par conſéquent elles ne devront remonter que par un arc d'un degré $\frac{1}{7}$, ce qu'on trouvera conforme à l'expérience; & par conſéquent la quantité de mouvement des deux boules enſemble après le choc, ſera la différence de celles qu'elles avoient avant le choc. On trouvera la même choſe, quelque poids qu'ait chacune des boules, & quelques viteſſes propres qu'elles ayent avant que de ſe rencontrer. Donc ſi deux corps mols ſans reſſort égaux ou inégaux, &c. ce qu'on s'étoit propoſé de prouver par expérience.

AVERTISSEMENT.

Pour bien juger à quel degré remonteront les boules dans ces derniéres expériences, il faut après l'avoir trouvé par le calcul, ſelon les régles ci deſſus, planter perpendiculairement ſur la ligne qui marquera le degré, un petit ſtyle de fil de fer un peu moins long que la ligne γ β du carton, afin qu'il ne ſoit pas rencontré par le fil de ſuſpenſion de la boule en mouvement; & on pourra voir aſſez exactement ſi après le choc le premier fil remontera vis-a-vis de l'extrémité de ce petit fil de fer.

PROPOSITION XIII.

SI une ligne comme A B eſt diviſée au point C en raiſon réciproque des poids des corps A & B, & qu'étant prolongée directement de part & d'autre, on y prenne un point D, en ſorte que A D repréſente la viteſſe & la direction du corps A avant le choc, & B D celle du corps B, l'une & l'autre viteſſe ſuppoſée uniforme ſelon la premiére ſuppoſition, & que D E ſoit priſe égale à C D; les deux corps s'étant joints enſemble iront avec la viteſſe & la direction D E, s'ils ſont ſans reſſort. Car d'autant que ſe rencontrant au point C, avec les viteſſes TAB. I. Fig. 7.

 AC,

A C, B C, ils demeureroient ſans mouvement par la Propoſition ſixiéme; le mouvement du corps A vers D, ſera augmenté de la viteſſe C D, & le corps B diminuëra ſa viteſſe contraire & oppoſée de la même viteſſe C D; ce qui eſt la même choſe, que ſi l'on ajoutoit aux deux enſemble cette viteſſe C D, après qu'ils ſeroient demeurez ſans mouvement s'étant rencontrez en C, & par conſéquent la viteſſe C D ou D E ſon égale, reſtera entiére dans les deux corps joints après s'être rencontrez avec les viteſſes contraires A D, B D.

Que ſi le point D eſt le même que le point B, c'eſt à dire, ſi le corps A choque avec la viteſſe A B le corps B en repos, & qu'on prenne B G égale à B C; B G ſera la viteſſe commune des deux corps après le choc: car le corps A ajoûte à ſa viteſſe A B, la viteſſe C B, & augmente encore ſa quantité de mouvement du produit du poids de B par la viteſſe C B, puiſque cette quantité de mouvement lui étoit contraire le rencontrant au point C; & par conſéquent les deux enſemble auront pour quantité de mouvement le produit de la ſomme de leurs poids par la viteſſe C B ou B G. Donc ils iront enſemble après le choc en B, avec la viteſſe B G.

Que ſi le point H dans la ligne A B prolongée eſt le même que le point D; c'eſt à dire, ſi ces corps ſe rencontrent au point H, A ſe mouvant avec la viteſſe A H, & B avec la viteſſe B H; & qu'on prenne H I égale à H C; H I ſera leur viteſſe commune après le choc: car la viteſſe du corps A ſera augmentée de la viteſſe C H, & celle du corps B ſera diminuée de la viteſſe contraire B C, & augmentée de la viteſſe B H de même part; ce qui eſt la même choſe, que ſi les deux boules étant en repos, on leur avoit donné la viteſſe C H, ou H I ſon égale. On trouvera par la même méthode la viteſſe commune de deux autres corps ſans reſſort tels qu'on voudra, après s'être choquez, ſi leurs poids & leurs viteſſes propres avant le choc ſont connuës.

Pour expliquer cette régle par les nombres. Suppoſons que le corps A dans le dernier exemple péſe quatre livres, & le corps B deux livres; la viteſſe A C, c'eſt à dire la ligne A C, ſera 2, & B C 4. Or ſi B H eſt égale à 3, moitié de la ligne A B, A H viteſſe du corps A rencontrant B en H, ſera 9, & ſa quantité de mouvement 36; & la viteſſe B H étant 3, la quantité de mouvement du corps B ſera 6; & la ſomme de ces deux quantitez de mouvement ſera 42, qu'il faut ajouter enſemble par la Propoſition onziéme; & cette ſomme étant diviſée par 6, ſomme des poids, donnera 7 pour quotient, ſavoir la ligne droite C H ou H I, qui ſera la viteſſe commune des deux corps après leur choc en H, conformément à la Propoſition onziéme. Donc ſi une ligne comme A B eſt diviſée réciproquement, &c. ce qu'il falloit prouver.

NEU-

NEUVIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XIV.

S'Il y a un corps inébranlable à ressort qui ait changé sa figure, & se soit mis en ressort par le choc d'un corps dur & inflexible en se restituant & reprenant sa premiére figure, il redonnera à ce corps la même vitesse qu'il avoit immédiatement avant le choc.

Ayez une corde à boyau, comme AB, tenduë & attachée fermement aux deux points A & B de quelque petite machine; (on peut prendre pour cette machine une Trompette marine, ou quelque autre instrument à cordes) tirez cette corde A B par son milieu E, jusques à ce que ce milieu soit en D. Alors si vous la laissez aller, elle ne s'arrêtera pas en la ligne A E B, où elle étoit en repos; mais elle passera outre, & ce même point du milieu ira à fort peu près jusques en C, si E C est égale à E D; environ de la même sorte que les poids des pendules remontent à peu près aussi haut que le point d'où ils sont descendus. Mais on suppose ici de même qu'on l'a supposé dans le mouvement des pendules & pour les mêmes raisons, que le point E de la corde de boyau va précisément jusques au point C. D'où il s'ensuit que lors que le milieu de cette corde retourne du point C au point E, cette partie reprend la même vitesse qu'elle y avoit acquise venant du point D, qui s'étoit diminuée peu à peu depuis le point E jusques au point C; & que par cette raison elle reprend à chaque point de la ligne E C, lorsqu'elle retourne en E, les mêmes vitesses qu'elle avoit allant du point E en C. Or si on entend qu'un corps dur & leger ayant frappé cette corde en E, fasse aller cette partie jusques en C, sans la quitter; il est aisé de concevoir que cette corde se restituant par son ressort, sa partie du milieu reprendra au point E, la même vitesse que lui avoit donné ce corps au commencement de son choc, qui étoit la même qu'il avoit. Donc ce corps accompagnant la corde à son retour depuis le point C jusques au point E; il reprendra en ce point sa premiére vitesse, avec laquelle il continuëra à se mouvoir vers D, comme il eût fait vers C, s'il n'eût pas rencontré la corde. TAB. I. Fig. 8.

Pour connoitre la vérité de cette Proposition par l'expérience; suspendez à un fil de trois ou quatre piés de longueur une petite boule de jaspe, ou de verre bien polie, ou même de plomb, l'y attachant avec de la cire d'Espagne ou autrement. Attachez l'autre bout du fil à quelque corps un peu pesant & plat, qu'on posera sur une table, laissant

pen-

pendre la petite balle à côté de la table. Mettez en ſuite vers les piés de cette table, l'inſtrument où ſera la corde à boyau, & l'affermiſſez en ſorte qu'il ne puiſſe être ſenſiblement ébranlé par le choc de la petite balle, mais ſeulement la corde qu'on tiendra dans une ſituation horiſontale. Avancez ou reculez ſur la table le corps où eſt attaché le fil de ſuſpenſion, & mettez enfin la balle de maniére qu'étant en repos à côté de la corde, & à la même hauteur, elle la touche préciſément vers le point E ou à fort peu près. Alors ſi vous éloignez cette petite balle du côté du point D, juſques à un pié ou environ de diſtance de la corde A E B, & que vous la laiſſiez aller contre, en ſorte qu'elle la choque directement; vous verrez qu'elle la fera plier du côté du point C, & la mettra en reſſort; & que cette corde retournant du côté du point D, repouſſera cette petite balle ſuſpenduë juſques tout auprès du point, d'où vous l'aurez laiſſé aller. D'où il eſt aiſé de conclure, qu'elle y retourneroit préciſément, & qu'elle reprendroit au point E, la même viteſſe avec laquelle elle avoit frappé la corde, ſi l'air ne réſiſtoit point à ſon mouvement, ſi la corde ne frottoit point par ſes extrémitez au bois de l'inſtrument, s'il étoit parfaitement affermi & inébranlable, & ſi la boule frappoit la corde de maniére que ſon centre de peſanteur fût en la même ligne de direction que ſon point d'attouchement au moment du choc, ce qui arrive très-rarement; car ſi on laiſſoit tomber la même boule de haut en bas ſur la même corde, on la verroit preſque toujours remonter de travers.

TAB. I. Fig. 8.

On peut faire encore une expérience fort aiſée en poſant une raquette ſur un plancher uni, & l'y affermiſſant par quelques poids qu'on mettra ſur ſes bords; car ſi on laiſſe tomber d'une hauteur médiocre, comme de ſept ou huit pouces, une petite boule d'yvoire d'environ deux pouces de diamétre vers le milieu de cette raquette, elle remontera par la force du reſſort des cordes tenduës, à la même hauteur, à deux ou trois lignes près.

Il eſt à propos de remarquer ici qu'un célébre Philoſophe moderne a revoqué en doute cette force du reſſort: Il a fondé ſa difficulté ſur une expérience aſſez facile, ſavoir, que ſi on preſſe fortement avec la main contre le deſſus d'une table, ou contre un plancher, un ballon plein d'air pour le mettre en reſſort, il ne s'éléve point en haut, tant vîte qu'on puiſſe retirer la main.

Pour réſoudre ce doute; on ſoutient que cette expérience eſt trompeuſe, parce que le haut du ballon s'élevant, ſuit la main, & même s'appuye contre elle ſur la fin de ſon reſſort, ce qui en arrête l'effet & amortit la viteſſe qu'il pourroit prendre de bas en haut. On connoitra cette vérité par les expériences ſuivantes.

Ayez un cerceau fait avec de la baleine, de trois ou quatre lignes de largeur, d'environ deux lignes d'épaiſſeur, & de 15 ou 16 pouces de diamétre: preſſez le fortement avec la main ſur un pavé bien uni, pour lui

lui faire prendre une figure ovale; levez en ſuite votre main le plus vîte que vous pourrez, ils ne s'élévera qu'à environ trois ou quatre pouces: mais ſi vous le preſſez de même, tenant vos deux pouces joints d'un même côté ſur l'endroit le plus élevé, & que vous le laiſſiez en ſuite échaper en gliſſant, de maniére qu'il puiſſe s'élever perpendiculairement ſans rien rencontrer; vous verrez qu'il s'élévera à 12 ou 15 piés, d'où il eſt aiſé de juger que la main le retient quand on la poſe deſſus.

A l'égard du ballon, il faut le placer ſur un banc de quatre ou cinq pouces de largeur & avoir une bande de toile d'environ deux pouces de largeur, dont on joindra les deux bouts: On la poſera ſur le ballon, de maniére qu'elle pende deçà & delà, & qu'elle enferme comme une ceinture le ballon & le ſiége du banc ſur lequel il eſt poſé.

Cette ceinture de toile doit deſcendre plus de vingt pouces au deſſous du ballon, & on ſe ſervira d'un petit bâton arrondi par les deux bouts en demi ſphére qu'on poſera ſur le bas de la toile, on le fera paſſer un peu au delà de part & d'autre pour y pouvoir poſer les deux pouces; alors, ſi on le pouſſe peu à peu uniformément vers en bas, pour faire deſcendre la bande & mettre le ballon en reſſort, en le preſſant avec beaucoup de force contre le banc, & qu'on le laiſſe échaper tout à coup, on verra que le ballon s'élévera à huit ou neuf pouces de hauteur emportant la bande de toile avec ſoi; ce qui ſuffira pour faire voir que c'eſt le reſſort qui le fait élever.

Que ſi on veut lui donner une plus grande force de reſſort, pour le faire aller à la hauteur d'un pié ou plus; il faut qu'un autre appuie les deux mains avec le plus de force qu'il pourra ſur les pouces de celui qui fait deſcendre le petit bâton.

On pourra mettre un appui ferme vers l'endroit le plus bas où l'on fait deſcendre le petit bâton, afin que le tenant appuyé deſſus, on ſoit aſſuré qu'on ne lui donne point de mouvement vers embas, au moment qu'on le laiſſe aller.

Maintenant il faut conſidérer qu'il n'y a point de corps, ou qu'il y en a fort peu qui n'ayent quelque reſſort; car la cire même & la terre molle ont de l'air engagé dans leurs pores, qui leur donne une petite vertu de reſſort. Les balles dont on joue à la paume, la colle froide, quelques gommes, les ballons enflez &c. ont un reſſort viſible; & quoique les corps durs & fermes, comme les boules d'ivoire, de jaſpe, d'acier trempé &c. n'ayent pas un reſſort viſible & apparent, on peut juger qu'ils en ont auſſi, puis qu'ils ont des pores, & que par cette raiſon leurs parties peuvent s'approcher les unes des autres par violence, & reprendre en ſuite leur premiére ſituation. La plupart des métaux & des pierres rendent un ſon étant frappées; d'où il s'enſuit que leurs parties ont un friſſonnement & tremblement, & qu'elles s'approchent & s'éloignent un peu l'une de l'autre, & que par conſéquent ces corps ont reſſort. On voit auſſi par l'expérience qu'il y a des reſſorts lents &

D mols,

mols, comme ceux des raquettes, & des balons enflez; & d'autres qui sont prompts & fermes, & qui se restituent très soudainement, comme celui d'un arc d'acier fort court, ou d'un verre à boire.

TAB. I. Fig. 9. Pour concevoir plus aisément l'action des ressorts, il faut supposer un corps comme A B C D inébranlable, & qui ait une vertu de ressort très-prompte & très-ferme en sa partie convexe A E D, sur lequel tombe directement au point E, selon la ligne F E, la boule F G E H supposée dure & inflexible, & que par la force du choc, la partie convexe A E D soit mise en ressort, comme jusques en A I D. Or d'autant que le corps A D a un ressort prompt & très-ferme comme on l'a supposé, la partie E qui étoit venuë en I, retournera en E en se restituant; & y étant elle aura repris, comme il a été dit de la corde à boyau, la même vitesse qu'elle avoit receuë par la boule G H à l'instant du choc, qui étoit égale à celle de cette boule immédiatement avant le choc: car les ressorts dans le premier instant du choc font peu de résistance, comme on le voit par expérience dans un arc, quand on commence à tirer la corde; & par conséquent ils ôtent très-peu de la vitesse du corps qui les rencontre en ce premier instant, & par cette raison l'on ne considére point ici cette résistance, comme étant insensible: donc la boule G H suivant le mouvement de la partie E, reprendra au moment que la ligne courbe A E D aura repris sa premiére situation, la même vitesse qu'elle avoit immédiatement avant le choc, comme il a été dit ci-dessus de la petite boule repoussée par la corde à boyau. Le même effet doit arriver si la boule G H a un ressort prompt & ferme, & que par la résistance du corps A C, sa partie touchante se fléchisse: Car l'enfoncement qui sera produit dans les deux corps par le choc, se restituant, fera reprendre réciproquement à la boule G H la même vitesse qu'elle avoit avant le choc, de même que si la seule convexité A E D s'étoit mise en ressort, le même effet arriveroit encore, si la seule boule G H avoit ressort, & que le corps A C fut inflexible; pourveu qu'il fut inébranlable: car quelque enfoncement qui se fit en la boule, elle reprendroit successivement les mêmes degrez de vitesse en se restituant, qu'elle auroit eu, diminuant peu à peu son mouvement jusqu'au repos; & au dernier moment de sa restitution entiére en sa premiére figure, elle reprendroit la même vitesse qu'elle auroit eu avant le choc: d'où il s'ensuit que si les boules de verre, de jaspe, d'ivoire, &c. ont un ressort ferme; on en doit attendre des effets semblables.

L'expérience en est facile; car il ne faut que choisir une grosse enclume bien polie & un peu convexe en sa partie supérieure, & laisser tomber dessus, d'environ 12 ou 15 pouces de haut, une petite balle de verre ou de jaspe bien ronde & bien polie, & on la verra remonter sensiblement aussi haut que le point d'où on l'aura laissé tomber; ce qui ne peut proceder que de la vertu de son ressort & de celui de l'enclume: Car si au lieu de l'enclume on se sert d'une masse de plomb

à peu près semblable, & qu'on laisse tomber dessus, de deux ou trois piés de haut, une petite balle de même métail, elle ne remontera qu'à trois ou quatre lignes de hauteur; aussi verra-t-on un petit applatissement ou enfoncement dans l'un & l'autre de ces corps, qui fera connoître qu'ils n'ont presque point de ressort, puisqu'ils ne reprennent point leur premiére figure; & que par conséquent la boule de plomb ne peut être repoussée qu'avec une très-petite vitesse. Que si l'on objecte que les corps durs ne sont pas flexibles, & qu'ils ne souffrent point d'enfoncement; il est facile de résoudre cette objection, en faisant voir les petits enfoncements qui restent dans du fer, après avoir été choqué par un corps dur, quoique le fer soit plus dur que l'ivoire, & presque aussi dur que l'acier; & il seroit impossible qu'une boule de verre ou de terre cuite se cassât, si elle ne changeoit de figure lorsqu'on la jette avec une grande force contre un autre corps dur: & parce qu'on voit que ces boules conservent leur rondeur lorsqu'étant choquées elles ne se cassent pas, il faut de nécessité qu'elles reprennent exactement leur premiére figure par la vertu de leur ressort, après s'être un peu enfoncées.

On peut encore remarquer que si on laisse tomber sur une grosse pierre plate & polie, une boule de terre-glaise médiocrement molle, de la hauteur de douze ou quinze pouces, y mettant un peu de papier ou de linge à l'endroit où elle doit toucher la pierre, afin qu'elle ne s'y attache pas, elle ne remontera point ou fort peu. Mais si on laisse tomber sur la même pierre, un ballon plein d'air bien pressé, on verra la partie par laquelle il touche la pierre, s'applatir de même que la boule de terre molle: mais cet enfoncement se restituant entiérement, il remontera bien haut; & il remonteroit encore plus haut, si l'air qui résiste beaucoup plus à un corps fort large & fort leger, qu'à un petit & fort pesant, n'arrêtoit pas une partie considérable de sa vitesse, tant en descendant qu'en remontant.

Pour prouver encore le ressort des corps durs par une expérience assez convainquante; ayez une enclume fort dure & bien polie, & la frottez légérement vers le milieu avec un peu de graisse; essuyez la ensuite avec la main, en sorte qu'elle n'en soit qu'un peu salie: laissez tomber sur cet endroit, de quatre pouces de haut, une boule d'ivoire d'un pouce & demi de largeur à peu près, & vous verrez sur l'enclume une petite marque ronde d'environ une demi ligne de diamétre, que la différence de réflexion y fera paroître: mais si vous laissez tomber la boule de plus haut, la marque sera plus large & passera même trois lignes de diamétre, si vous poussez la boule avec une grande force contre l'enclume; ce qui ne peut proceder que de ce que la boule s'applatit d'avantage par un grand choc, & marque par conséquent l'empreinte d'un plus grand espace de sa circonférence: & parce qu'après ces expériences, on ne remarque aucun enfoncement ni dans l'enclume ni dans la

 boule;

boule; il s'ensuit manifestement qu'elles reprennent leur premiére figure, & que deux boules à ressort ferme qui se choquent doivent s'applatir un peu par le choc & reprendre en suite leur premiére rondeur.

De toutes lesquelles raisons & expériences on doit conclure que la plupart de corps durs, comme l'acier, le marbre, le verre, l'ivoire, le jaspe, &c. ont une vertu de ressort prompte & ferme; & l'on en doit attendre les mêmes effets que de la corde à boyau frappée par la petite boule: & ce qui augmente encore la certitude de cette conclusion, est, que si on la prend pour hypothése, on peut expliquer facilement tous les mouvements qui arrivent à ces corps durs, après qu'ils se sont choquez en quelque maniére que ce soit, comme on le pourra voir dans les Propositions suivantes, dont les démonstrations s'accordent parfaitement avec les expériences; au lieu que si l'on suppose que les corps durs sont inflexibles, il est impossible d'expliquer leurs mouvements après le choc quand leurs poids sont inégaux, & les apparences ne conviennent aucunement à cette hypothése.

AVERTISSEMENT.

Puisque c'est le seul ressort qui donne le mouvement de réflexion, il est aisé de juger que s'il y avoit quelques corps inflexibles qui se rencontrassent directement, leurs mouvements après le choc suivroient les mêmes loix que les boules molles sans ressort, & que lors qu'un corps inflexible en choqueroit un autre inflexible & inébranlable, il demeureroit sans mouvement, & ne retourneroit point en arriére, puisqu'il n'auroit aucune cause nouvelle de mouvement de ce côté là: Et l'on voit par l'expérience qu'il est bien plus facile d'arrêter une boule qui roule, & de lui faire perdre son mouvement, que de la repousser en arriére avec la même vitesse; ce qui procéde de ce qu'outre la force qu'il faut pour l'arrêter, il en faut une autre pour lui redonner sa premiére vitesse en arriére.

On appellera le mouvement des corps qui est produit par leur ressort, mouvement de ressort, ou mouvement de réflexion; & celui qui ne dépend pas du ressort, mouvement simple ou premier mouvement.

L'on entend ici par les corps à ressort, ceux qui ont un ressort parfait, qui leur fait reprendre exactement leur premiére figure.

On suppose aussi pour la facilité des démonstrations, que les boules à ressort reprendroient précisément par leur mouvement de ressort, la même vitesse avec laquelle elles auroient choqué un corps à ressort dur & inébranlable, & l'on fait abstraction de la résistance de l'air & des autres empêchements. On suppose aussi que les boules sont de même matiére, ou du moins que leurs ressorts sont également prompts & fermes; & quand on dit qu'elles sont égales, on entend qu'elles sont de même volume & de même poids.

PRO-

PROPOSITION XV.

Si deux corps à reſſort ſe choquent directement avec des viteſſes réciproques à leurs poids, chacun de ces corps retournera en arriére avec ſa premiére viteſſe.

Soient premiérement A & B deux balons égaux, où l'air ſoit également preſſé, & qu'ils ſe rencontrent avec des viteſſes égales A C, B C; Je dis qu'ils ſe réfléchiront avec les mêmes viteſſes: Car par la Propoſition ſixiéme leur mouvement ſimple ſe doit perdre entiérement, & il ne ſe répareroit point s'ils n'avoient point de reſſort: Mais les ballons s'étant choquez chacun avec la même force, & ne cédant point l'un à l'autre; leur choc fera le même effet que ſi chacun d'eux avoit rencontré un corps inflexible & inébranlable; & par conſéquent ils s'enfonceront l'un l'autre, & s'applatiront de même. Mais en reprenant leur premiére figure par le reſſort, ils reprendront au moment de leur reſtitution entiére, la même viteſſe qu'ils avoient avant le choc par la Propoſition précédente. Donc chacun d'eux retournera en arriére avec la même viteſſe qu'il avoit avant le choc. La même choſe arrivera à des boules de jaſpe, de verre, d'ivoire, ou d'autre matiére ayant un reſſort prompt & ferme, par les mêmes raiſons. TAB. I. Fig. 10.

Soient maintenant deux boules à reſſort inégales en poids A & B, & que la ligne A B étant diviſée inégalement au point C, A C ſoit la viteſſe de la boule A, & B C celle de la boule B, & que réciproquement B C repréſente le poids de la boule A, & A C celui de l'autre boule; il eſt évident par la ſixiéme Propoſition, que ſi elles ſe rencontroient avec ces viteſſes contraires, leur mouvement ſimple ſe perdroit: mais par les mêmes raiſons ci-deſſus, elles ſe mettront en reſſort, comme ſi elles avoient rencontré des corps inflexibles & inébranlables, & faiſant encore une eſpéce d'équilibre entre elles en prenant des viteſſes réciproques à leurs poids, chacune retournera en arriére avec ſa premiére viteſſe. Donc ſi deux corps à reſſort, &c. ce qu'il falloit prouver. TAB. I. Fig. 11.

L'expérience s'en fera facilement avec la machine décrite en la premiére Propoſition, ſi on ſe ſert de boules d'ivoire au lieu de celles de terre-glaiſe: Car ſi la boule H eſt double de la boule G, & qu'on mette la boule G à une diſtance de ſeize degrez du point L, & l'autre à une diſtance de huit degrez du point I; lors qu'on les laiſſera aller l'une contre l'autre, on les verra remonter après leur rencontre juſques auprès des points d'où elles auront commencé leur chûte; & par conſéquent elles auront repris après le choc, les mêmes viteſſes qu'elles avoient avant le choc: Et ſi la boule H eſt triple de la boule G, & qu'on mette la boule G à une diſtance de douze degrez du point L, & l'autre à une diſtance de quatre degrez du point I; on verra remonter la bou- TAB. I. Fig. 3.

boule H à quatre degrez & la boule G à douze degrez, à fort peu près.

PREMIÉRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition & de la précédente, que deux corps égaux ou inégaux étant preſſez l'un contre l'autre & mis en reſſort par quelque cauſe que ce ſoit, ſi la preſſion ceſſe tout à coup, ils ſe repouſſeront l'un l'autre par leurs reſſorts, & en ſe repouſſant, chacun d'eux prendra une égale quantité de mouvement. Car on a fait voir que le mouvement ſimple des boules A & B ſe perd entiérement, & que celui qu'elles reprennent ne vient que de leur reſſort, par lequel elles ſe repouſſent & reprennent leurs premiéres viteſſes, qui étoient en raiſon réciproque de leurs poids: & par conſéquent d'autres boules étant preſſées & miſes en reſſort par quelque autre cauſe, prendront auſſi en ſe ſéparant, des viteſſes qui ſeront l'une à l'autre en raiſon réciproque de leurs poids, ou ce qui eſt le même, chacune d'elles prendra une égale quantité de mouvement: Ce qu'on peut juger véritable, même ſans avoir recours à l'expérience; Car ſi les boules ſont égales en poids, elles doivent réſiſter & ſe repouſſer de même force; & ſi elles ſont inégales, la plus groſſe doit plus réſiſter au mouvement que la moindre par la Propoſition cinquiéme, & il eſt très vrai-ſemblable que ce doit être ſelon la proportion des poids: mais l'expérience faiſant voir cette proportion dans toutes ſortes d'inégalitez de boules de même matiére à reſſort, on doit recevoir cette conſéquence pour un principe d'expérience auſſi certain que les précédents.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que deux corps à reſſort qui ſe ſont rencontrez directement, partagent par le mouvement de reſſort la viteſſe reſpective de leur choc, ſelon la raiſon réciproque de leurs poids, quelques viteſſes propres qu'ils ayent eu avant le choc: Car ſi les boules A & B ſe rencontrent en quelque autre point de la ligne A B, comme D, avec les viteſſes propres A D, B D; leur viteſſe reſpective ſera la même, que lorſqu'elles ſe choquent au point C, par la 3^e^. définition.

TAB. I. Fig. 11.

Mais par la troiſiéme Propoſition, l'impreſſion du reſſort qu'elles feront l'une ſur l'autre ſera la même, & par conſéquent elles prendront une force de reſſort auſſi prompte & auſſi ferme. Or quand elles ſe rencontrent en C, elles partagent leur viteſſe reſpective A B ſelon la proportion réciproque de leurs poids, puiſque la boule A prend la viteſſe A C, & B la viteſſe B C. Donc ſe rencontrant au point D, elles partageront de même leur viteſſe reſpective, qui eſt la même que celle avec laquelle elles ſe rencontrent au point C, & ce partage ſe fera indépendamment de leur mouvement ſimple, quel qu'il puiſſe être.

La

La même chose arrivera en quelque autre point qu'elles se rencontrent avec la même vitesse respective, soit en A, B se mouvant seule; ou en B, A se mouvant seule, ou même au dehors de la ligne AB, comme en E ou F: ce qu'il falloit prouver.

TROISIEME CONSÉQUENCE.

Il suit aussi de cette Proposition & de la dixiéme, qu'il n'y point de corps entiérement inébranlable de quelque grandeur & de quelque pesanteur qu'il puisse être; & on ne s'est servi de l'idée d'inébranlable que pour faciliter l'explication de quelques Propositions.

QUATRIEME CONSÉQUENCE.

Il suit encore de cette quinziéme Proposition, que si on augmente le poids A successivement, & qu'on veuille faire choquer les boules avec des quantitez de mouvement égales entre elles, sans changer la vitesse respective; le point C s'approchera de plus en plus du point A, & les quantitez de mouvement seront augmentées, aussi bien que la vitesse de la boule B. Par exemple, si les boules sont égales & que la ligne AB soit divisée en 24 parties, AC sera 12 & BC 12; & la somme de leurs quantitez de mouvement devant & après le choc sera 24: mais si la boule A est trois fois plus pesante que la boule B, AC sera 6 & BC 18. D'où il arrivera que ces boules s'étant choquées avec des vitesses réciproques à leurs poids au point C, la boule A prendra 6 degrez de vitesse en arriére, & la boule B 18, & la somme de leurs quantitez de mouvement sera 36; au lieu que quand les boules sont égales, cette somme n'est que 24, & la vitesse de la boule B n'est que 12.

Que si l'on veut que les quantitez de mouvement demeurent les mêmes, en augmentant successivement le poids de la boule A, la vitesse respective diminuëra, mais la boule B aura toujours la même vitesse en arriére; Comme si les boules sont égales, & leurs vitesses égales de 12 chacune, leur vitesse respective sera 24, & la somme de leurs quantitez de mouvement devant & après le choc sera 24. Que si la boule A est trois fois plus pesante que la boule B, A C sera 4 & B C 12, la vitesse respective ne sera plus que 16, la vitesse de la boule B en arriére sera encore 12, & la somme des quantitez de mouvement des deux boules sera toujours 24 devant & après le choc.

Que si la boule A pése douze fois autant que la boule B, A C sera l'unité & B C 12, & après le choc la vitesse de la boule B sera encore 12, la vitesse respective ne sera plus que 13, & la somme des quantitez de mouvement sera toujours 24.

Par ces exemples on voit, qu'en ce second cas la vitesse de la boule B demeure toujours la même après le choc, quoi qu'on augmente successivement

ceſſivement le poids de la boule A; mais que dans le premier cas, la viteſſe de la boule B en arriére devient ſucceſſivement plus grande, ſi la viteſſe reſpective demeurant la même, on augmente ſucceſſivement la boule A: & on trouvera ces régles conformes à toutes les expériences qu'on en pourra faire, ſi on ôte de ces meſures environ un douziéme à cauſe de la réſiſtance de l'air, de l'imperfection du reſſort, & de quelques autres empêchemens.

Quelques uns pourroient objecter que des boules inégales s'étant miſes en reſſort, elles ne prennent pas une égale quantité de mouvement de part & d'autre par la vertu du reſſort, mais qu'elles ſuivent d'autres regles: par exemple, que les quantitez de mouvement que prennent les boules inégales après le choc ſont entre elles comme leurs poids; ou bien, qu'elles ſont entre elles ſelon la raiſon réciproque de leurs poids.

Pour détruire ces objections, on peut ſoutenir que la régle qui eſt établie dans la premiére Conſéquence de cette Propoſition 15ᵉ. eſt plus vrai-ſemblable qu'aucune de ces deux autres, puiſque le reſſort eſt diſpoſé à faire un effort égal de part & d'autre, & qu'il eſt également facile de repouſſer, par exemple, un poids d'une livre avec trois degrez de viteſſe, qu'un poids de trois livres avec un degré de viteſſe; mais ſi on ne ſe contente point de cette vrai-ſemblance, il faut avoir recours à l'expérience. Or ſi la régle de la nature étoit que les boules à reſſort après s'être arrêtées par le choc deûſſent retourner en arriére avec des quantitez de mouvements réciproques à leurs poids, il arriveroit qu'une boule de trois livres & une d'une livre s'étant rencontrées, la premiére ayant une viteſſe de quatre degrez & l'autre une viteſſe de douze degrez, la ſomme de leurs quantitez de mouvement ſeroit 24, & que la petite prenant les trois quarts de cette ſomme ſuivant cette régle, retourneroit en arriére avec 18 degrez de viteſſe, & la groſſe avec deux degrez ſeulement; car par ce moyen la groſſe auroit 6 de quantité de mouvement, & la petite trois fois autant ſavoir 18, & par conſéquent elle auroit 18 de viteſſe, ce qui eſt manifeſtement contre l'expérience, puis que la boule A de trois onces étant élevée à quatre degrez dans la machine de la Propoſition 3ᵉ, & la petite B d'une once à 12 degrez, la groſſe après le choc retournera à plus de 3 degrez & demi en arriére, & la petite à 11 degrez ſeulement.

Que ſi l'autre régle étoit véritable, les deux boules devroient remonter après le choc auſſi haut l'une que l'autre, ſavoir à 6 degrez chacune, afin que la groſſe eût 18 de quantité de mouvement, & la petite 6 qui eſt le tiers de 18, ce qui eſt encore très-éloigné de ce que l'expérience fait voir. D'où il s'enſuit que ces régles ſont très fauſſes & qu'on ne peut les propoſer pour des loix de la nature ſans une extrême témérité.

On peut employer ces raiſonnements pour expliquer le recul des canons & des autres machines à balles. Car par exemple, ſi l'on a un petit mortier chargé d'une balle dont le poids ſoit huit fois moindre que ce-

celui du mortier, & qu'on le place horiſontalement en ſorte que rien n'empêche ſon recul, on doit croire que la poudre étant enflammée fera par le reſſort de ſa flâme le même effet ſur le mortier & ſur la balle, que le reſſort fait ſur deux boules inégales; c'eſt à dire, que les viteſſes de ces deux corps en ſe ſéparant, ſeront en raiſon réciproque de leurs poids, & que la balle ira avec une viteſſe huit fois plus grande que celle avec laquelle le mortier reculera. Le même effet ſe fera dans les canons; mais ſi on augmente ſucceſſivement leurs poids, le boulet demeurant le même, il prendra ſucceſſivement de plus grandes viteſſes, & ne ſuivra pas la régle expliquée dans le 2^e^. cas de la 4^e^. Conſéquence de cette Propoſition 15^e^. Cette différence procéde de ce que le choc des boules d'ivoire ou d'autres matiéres à reſſort ferme, ne les fait enfoncer que bien peu, comme d'un quart de ligne ou d'une demi ligne; & qu'elles ſe repouſſent très-ſoudainement, ſans que leur reſſort acquiére aucune nouvelle force. Mais dans les canons la force du reſſort de la flâme s'augmente lors qu'il s'y allume d'avantage de poudre, & l'accélération de la viteſſe du boulet continuë à meſure que l'eſpace qu'il parcourt pendant qu'il eſt dans le canon, eſt plus grand; ce qui augmente néceſſairement ſa viteſſe: on peut expliquer cét effet en la maniére ſuivante.

On ſuppoſe que la poudre s'allume ſucceſſivement dans le canon, & que dès qu'il y en a un peu d'allumée, le boulet commence à ſe mouvoir s'il peut couler librement. Soit donc A B l'intérieur du canon, A C l'eſpace qu'occupe la poudre, D le centre du boulet. Or ſi on ſuppoſe que le canon & le boulet ſoient d'un poids égal, il eſt évident par la premiére Conſéquence de la Propoſition quinziéme, qu'une partie ſuffiſante de la poudre A C étant enflammée & miſe en reſſort, elle les pouſſera également de part & d'autre, & que ſi D B eſt diviſée également en E, l'extrémité B du canon reculera de la longueur B E; & ſi E eſt un point immobile, également éloigné des points D & B, le point B & le centre du boulet arriveront en même tems à ce point E, & le boulet ſortant alors hors du canon, ſa viteſſe ne ſera plus accélerée, du moins conſidérablement. Mais ſi le canon péſe 50 fois plus que le boulet, il arrivera que lors que le boulet ſera arrivé au point E, le point B ne ſera retourné en arriére que juſques à un point comme G, & par conſéquent la flâme de la poudre qui continuëra de s'allumer, ſe joignant à la premiére augmentera la force du reſſort, & pouſſera le boulet avec plus de viteſſe & continuëra à l'accélerer de plus en plus, pendant qu'il parcourra encore dans le canon un eſpace égal à E H, ſi l'extrémité du canon pendant ce même tems arrive en reculant juſques à ce point H.

TAB. II. Fig. 16.

Que ſi le canon péſe 100 fois d'avantage que le boulet, il pourra ne reculer que de l'eſpace B G, pendant que le boulet parcourra l'eſpace D G, & cét eſpace étant plus grand que D H, la viteſſe du boulet ſe-

ra encore augmentée, & celle du canon aussi; & dans tous ces cas, ces vitesses seront toujours selon la raison réciproque des poids: & enfin si le canon est appuyé contre un corps sensiblement inébranlable, le boulet parcourra sensiblement tout l'espace D B, & par conséquent il s'allumera plus de poudre, & l'accélération de la vitesse du boulet se faisant dans un plus grand espace, par une égale ou plus grande force de ressort, il ira encore plus loin.

Il est aisé de juger que cette augmentation de vitesse a un terme qu'elle ne peut passer, quoiqu'on augmente la longueur du canon. Car supposé que le canon eût 30 piés de longueur & que toute la poudre fut allumée au moment que le boulet sortiroit, la vitesse diminüëroit nécessairement, si le canon avoit 80 piés de longueur: car lors que la flâme de toute la poudre occuperoit 60 piés, sa condensation & son ressort seroient moindres que lors qu'elle n'occupoit que 30 piés, & par conséquent elle n'auroit plus tant de force pour pousser le boulet, & cesseroit d'accélérer son mouvement; d'où il s'ensuit que le frottement qu'il feroit contre le métail du canon, dans l'espace des 20 piés restans, retardant encore sa vitesse considérablement, il n'iroit pas si vîte au sortir du canon de 80 piés, que lorsque sa longueur seroit seulement de 30 piés.

On a fait l'expérience de la proportion réciproque des poids & des vitesses des canons & des boulets en la maniére suivante. On suspendit un canon de pistolet vers ses extrémitez avec deux petits filets d'un pié de longueur qu'on attacha à un plus grand de 33 piés de hauteur. On suspendit de même & à même hauteur un petit cylindre de fer; les filets de suspension étoient à un pié de distance l'un de l'autre: & après avoir chargé le canon d'un peu de poudre pesant environ 12 grains de blé, on la pressa avec du papier, & on mit encore sur le papier un petit bâton de bois fort leger, & en suite au lieu de balle on fit entrer le petit cylindre de fer dans le canon jusques à ce qu'il touchât le bâton; le canon pesoit 6 fois $\frac{2}{3}$ autant que le cylindre de fer avec le bâton & le papier, & le tout étant en une situation horisontale on mit le feu à la poudre; le canon recula jusques à 8 piés, & le cylindre de fer s'éleva à une circonférence de cercle d'environ 45 piés: le produit de 8 par 6 $\frac{2}{3}$ est 53 à peu près, & selon la régle de la raison réciproque des poids & des vitesses, le cylindre devoit s'élever à 53 piés: on attribua les 8 piés de différence à la résistance de l'air; car ayant éloigné le même cylindre à 20 piés de son point de repos, & l'ayant laissé aller, il ne passa que de 16 piés au delà de ce point, au lieu que le canon ayant été élevé de même il alla jusques à 19 piés. On fit une autre expérience, où le canon n'alla qu'à 4 piés & demi, ayant été moins chargé de poudre, & le cylindre de fer à 26 piés $\frac{1}{2}$; il devoit aller à 30 piés selon la régle, sans la résistance de l'air: mais si on faisoit le calcul selon l'hypothése que le ressort doit donner des quantitez de mouve-

ment

ment ſelon la raiſon réciproque des poids, il eût dû aller à 200 piés, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air ; car le canon ayant reculé avec 30 de quantité de mouvement, celle du cylindre auroit dû être le produit de 30 par $6\frac{2}{3}$; ce qui eſt bien éloigné de la quantité de mouvement de $26\frac{1}{2}$ qu'il prit, & qui fait voir manifeſtement l'abſurdité de cette hypothéſe.

On décrivit en ſuite contre un mur deux quarts de cercle comme ceux de la figure 3ᵉ; ils avoient 10 piés de Rayon : l'éloignement des fils de ſuſpenſion étoit d'environ cinq pouces : on ſe ſervit d'un canon dont le calibre étoit fort petit ; mais il étoit chargé de plomb en dehors enſorte qu'il peſoit cinq fois autant que le petit cylindre de plomb qui ſervoit de balle, dont le poids étoit de 3 onces. La poudre qu'on mettoit dans le canon n'étoit que de la peſanteur de trois grains de blé.

Voici une table des expériences qu'on fit.

Recul du canon.	*Elévation du Cylindre.*
9 degrez $\frac{1}{2}$	47 degrez
5 degrez $\frac{1}{4}$	26 degrez
16 degrez $\frac{1}{4}$	82 degrez
13 degrez $\frac{1}{2}$	67 degrez
8 degrez	40 degrez $\frac{1}{4}$

Toutes ces expériences ſe raportent à fort peu près à la proportion réciproque des poids & des viteſſes. Mais le petit cylindre devoit toujours aller un peu moins haut, ſi les arcs étoient préciſément comme les viteſſes, à cauſe que la réſiſtance de l'air devoit toujours diminuer le nombre des degrez. Mais les grands arcs ſont toujours plus grands, que ſelon la proportion des viteſſes, comme au ſecond exemple le ſinus verſe de 5 degrez $\frac{1}{4}$ eſt 420, lequel multiplié par 25 quarré de 5 qui eſt la raiſon des poids, donne 10500 ſinus verſe de 26 degrez $\frac{1}{2}$ à peu près, & non de $26\frac{1}{4}$ nombre quintuple de $5\frac{1}{4}$; & cette diminution d'un demi degré doit être attribuée à la réſiſtance de l'air. On connoitra par un ſemblable calcul que dans le 3ᵉ. exemple le produit de 3995 ſinus verſe de $16\frac{1}{4}$ par 25 eſt 99875 ſinus verſe de 89 degrez 55 minutes, & ſans la réſiſtance de l'air le petit cylindre ſe ſeroit élevé à cette hauteur à peu près ; mais cette réſiſtance retardant beaucoup les grandes élévations, il ne s'éleva qu'à environ 82 degrez. Or quoi qu'un canon ne ſoit chargé que de poudre, il ne laiſſera pas de reculer, parce que l'air s'oppoſant à la viteſſe de la flâme qui ſort, elle ſe ſerre & ſe met en reſſort, & elle ſe ſert auſſi du reſſort de l'air comme d'un appui, pour repouſſer le canon en arriére, de la même ſorte à peu près qu'une rame s'appuie contre l'eau pour faire avancer un bâteau. On voit un ſemblable effet dans les fuſées, dont la flâme choquant l'air avec

impétuosité, donne un mouvement en arriére au corps de la fusée; & si l'on suspend un vaisseau Cylindrique plein d'eau, où l'on ait ajusté un peu plus haut que la base un petit tuyau oblique, l'eau qui jaillira par ce petit tuyau, donnera un mouvement circulaire assez vîte à ce vaisseau par le choc de l'air; ou par le choc de l'eau, si on le met dans un vaisseau plein d'eau sans qu'il touche au fond.

PROPOSITION XVI.

SI deux corps à ressort sont égaux, & que l'un choque directement l'autre en repos; ce dernier prendra la vitesse entiére de l'autre après le choc, & le fera rester sans mouvement.

TAB. I. Fig. 10. Soient deux ballons égaux A & B, & que le ballon A choque l'autre en B avec quelque vitesse qu'on voudra, qu'on appellera de 4 degrez. Je dis que le ballon A demeurera en repos après le choc, & que l'autre prendra la même vitesse de 4 degrez; car par la Proposition 10^e^. ces ballons, après le choc & sur la fin de leur applatissement, prendroient ensemble une vitesse de 2 degrez par le mouvement simple, s'ils étoient sans ressort & qu'ils demeurassent en leur applatissement. Mais par la 3^e^. Proposition, la force du choc en B est égale à celle qui se fait en C par les 2 corps mûs l'un contre l'autre avec des vitesses égales. Donc ils se mettront en ressort de même, & par la seconde Conséquence de la précédente, ces ballons partageront également la vitesse respective qui a produit le ressort, laquelle étant de quatre degrez comme nous l'avons supposée, chacun en prendra deux degrez. Donc le ballon A devant s'avancer avec une vitesse de deux degrez par le mouvement simple, & retourner en arriére avec une vitesse de deux degrez par le mouvement de ressort; l'un de ces mouvements détruira l'autre par la seconde Proposition, & le ballon A demeurera en repos: Mais le ballon B s'avançant avec une vitesse de deux degrez par le mouvement simple, & prenant encore une vitesse de deux degrez de même part par le mouvement de ressort; il aura après le choc une vitesse de quatre degrez par la seconde Proposition, savoir la vitesse entiére du ballon A avant le choc. La même chose arrivera aux boules à ressort ferme. Donc si un corps à ressort, &c. ce qu'il falloit prouver.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit qu'un corps à ressort choquant directement un autre corps à ressort moindre en poids, ils s'avanceront tous deux après le choc; & que si le corps choqué est le plus pesant, le corps choquant retournera en arriére. Car au premier cas, celui qui choque prendra plus que la moitié de sa vitesse premiére par le mouvement simple, par la dixiéme Proposition: & par la quinziéme, ou ses Conséquences, il pren-

prendra moins que la moitié de la même viteſſe, retournant en arriére par le mouvement de reſſort. Donc cette derniére viteſſe ne détruira pas l'autre entiérement. Le ſecond Cas ſe prouvera facilement par les mêmes Propoſitions dixiéme & quinziéme.

AVERTISSEMENT.

ON expliquera l'applatiſſement des ballons & leur reſſort en ſuite, comme on a expliqué l'applatiſſement des boules molles ſans reſſort dans l'Avertiſſement de la Propoſition dixiéme : Car pour l'applatiſſement, il ſe fait de même que celui des boules molles, & le mouvement ſimple ſe communique de même; & s'ils demeuroient dans leur applatiſſement, ils s'avanceroient de même enſemble : mais la force de leurs reſſorts les reſtituë en leur premiére figure par les mêmes degrez que l'applatiſſement s'eſt fait, pendant qu'ils commencent à s'avancer par le mouvement ſimple; & par ce moyen il ſe fait en chaque ballon un mêlange de ces deux mouvements. On expliquera de même l'applatiſſement & la reſtitution des boules à reſſort ferme, comme celles d'ivoire, de verre, &c.

Il eſt aiſé de juger, que les corps qui ont un reſſort lent comme les ballons, s'avancent un peu par le mouvement ſimple, pendant que leur reſſort les reſtituant en leur premiére figure, leur donne le mouvement de réflexion; & que par cette raiſon, un ballon qui en choque directement un autre, paſſe un peu au delà du point de rencontre après le choc, & ne s'y arrête pas préciſément; mais que ce mouvement en avant doit être inſenſible dans les boules qui ont un reſſort prompt & ferme.

Il faut encore conſidérer, que ſi une boule à reſſort roulant bien vîte ſur quelque ſurface plane, rencontre directement une autre boule en repos de même matiére & de pareil poids, elle ne perdra pas tout ſon mouvement; comme on le voit par l'expérience dans les jeux de billard. Ce qui procéde de ce qu'elle ne donne à l'autre boule que ſa viteſſe directe; mais elle ne lui donne pas ſon mouvement en rond, & elle le conſerve; ce qui la fait encore rouler & ſuivre l'autre avec une viteſſe conſidérable. La même choſe arrivera, quoi que la boule qui choque ne roule pas, ſi les deux boules ont un reſſort imparfait; parce que ces boules ne ſe ſéparent pas avec leur premiére viteſſe reſpective, à cauſe de la foibleſſe de leurs reſſorts. On en peut voir l'expérience, TAB. I.
ſi les boules G & H ſont de bois, & d'un même poids; car ſi l'une Fig. 3.
choque l'autre en repos, elle ne lui donnera pas toute ſa viteſſe, mais elle en conſervera une partie qui la fera un peu avancer après le choc.

PROPOSITION XVII.

SI deux boules à reſſort égales, ſe choquent avec des viteſſes inégales, elles feront échange de leurs viteſſes.

Soient deux boules égales à reſſort A & B, & ſoit premiérement C le point où elles ſe rencontrent avec les viteſſes A C, B C inégales, & ſoit A D égale à B D. Or ſi elles étoient ſans reſſort, elles s'avanceroient enſemble après le choc en C avec une viteſſe égale à la viteſſe D C vers A, par la Propoſition treiziéme. Mais par la ſeconde Conſéquence de la 5^e^. chacune d'elles prendra par le reſſort une viteſſe égale à la viteſſe A D ou D B en ſe ſéparant. Donc la boule B s'avançant avec la viteſſe D C par le mouvement ſimple, & retournant en arriére avec la viteſſe contraire A D, par le mouvement de reſſort, il ne lui reſtera que la viteſſe A C, différence des viteſſes A D, C D, par la 2^e^. Propoſition; & la boule A s'avançant de C vers A avec la viteſſe C D par le mouvement ſimple, & avec la viteſſe B D par le mouvement de reſſort, elle ira avec une viteſſe compoſée de ces deux, ſavoir B C, par la ſeconde Propoſition; & par conſéquent les deux boules feront échange de leurs viteſſes. Il eſt encore manifeſte qu'elles feront échange de leurs directions.

TAB. I. Fig. 1.

Soient maintenant leurs viteſſes A E, B E, & E leur point de rencontre hors la ligne A B prolongée. Or, par la treiziéme Propoſition, leur viteſſe commune après le choc ſeroit égale à la viteſſe D E, ſi elles étoient ſans reſſort. Mais le reſſort, par la ſeconde Conſéquence de la quinziéme, ajoûte à la boule B la viteſſe A D du même côté: donc elle ira après le choc avec la viteſſe A E, qui étoit celle de la boule A avant le choc; & parce que le reſſort fait retourner en arriére la boule A avec la même viteſſe A D ou B D par les mêmes raiſons, cette viteſſe B D étant ôtée de la viteſſe du mouvement ſimple D E, il ne reſtera à la boule A que la viteſſe B E, qui étoit celle de la boule B avant le choc: Donc elles feront échange de leurs viteſſes après le choc. On fera voir la même choſe en quelque autre point qu'elles ſe rencontrent directement en la ligne A B, ou hors icelle prolongée de part ou d'autre. Donc ſi deux corps à reſſort ſont égaux, &c. ce qu'il falloit prouver.

TAB. I. Fig. 1.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SOit au premier cas la viteſſe A C d'un degré, & la viteſſe contraire B C de trois degrez. Donc, par la douziéme Propoſition, les deux boules enſemble iroient avec une viteſſe d'un degré de B vers A, ſi elles étoient ſans reſſort. Mais leur viteſſe reſpective étant de quatre degrez, chacune en prendra deux degrez par le reſſort, par la ſeconde Conſéquence de la quinziéme. Donc la boule A ira avec trois degrez de viteſſe, parce que ces deux viteſſes ſont de même part; & il n'en reſtera à la boule

le B qu'un degré, parce que sa vitesse de ressort est contraire à sa vitesse simple; & par conséquent elles auront échangé leurs vitesses.

Et si la vitesse A E au second cas est de six degrez, B E sera de deux degrez, & la somme des quantitez de mouvement des deux boules avant le choc sera huit. Donc, par la quatriéme Proposition, leur vitesse commune après le choc seroit de quatre degrez, si elles étoient sans ressort. Mais leur vitesse respective étant de quatre degrez, la boule B en prendra par le ressort deux degrez de même part. Donc sa vitesse totale sera de six degrez, par la quatriéme supposition; & si l'on ôte deux à la vitesse de la boule A, qui étoit de quatre degrez par le mouvement simple, il ne lui en restera que deux degrez; & par conséquent ces deux boules auront échangé leurs vitesses après le choc.

PROPOSITION XVIII.

Soit une boule A triple d'une autre B, & qu'elle se choquent avec des vitesses égales & uniformes; je dis que la boule A après le choc demeurera en repos, & que la moindre boule B retournera en arriére avec une vitesse double de celle qu'elle avoit avant le choc. Car supposons que la boule A pése trois onces & la boule B une once, & qu'elles se choquent ayant chacune une vitesse propre de douze degrez. Or si elles étoient sans ressort, leur vitesse commune après le choc seroit de six degrez selon la direction de la boule A, par la douziéme Proposition; Car la quantité de mouvement de B, savoir douze, se perdroit, & il s'en perdroit autant de celle de A qui étoit 36, & il ne lui resteroit que 24 de quantité de mouvement, lequel nombre étant divisé par la somme des poids savoir quatre, donne six pour quotient. Mais leur vitesse respective étant de 24 degrez, la boule A par le ressort prendra six degrez de cette vitesse en arriére, & la boule B 18 degrez, par la seconde Conséquence de la quinziéme. Donc la boule A s'avançant de six degrez de vitesse par le mouvement simple, & retournant en arriére avec six degrez de vitesse par le mouvement de ressort, elle demeurera en repos, par la seconde Proposition. Mais la vitesse de la boule B étant de 6 degrez par le mouvement simple, & de 18 degrez par le mouvement de ressort de même part, sa vitesse après le choc sera composée de ces deux vitesses, par la seconde Proposition. Donc après le choc elle ira d'une vitesse de vingt quatre degrez, qui est double de sa premiére vitesse.

CONSEQUENCE.

Il s'ensuit que si deux corps à ressort inégaux se choquent directement avec des vitesses égales, & que le poids du plus pesant soit plus que triple du poids de l'autre, ils s'avanceront tous deux après le choc, selon la direction du plus pesant; & que s'il est moins que triple, chacun

cun de ces corps retournera en arriére: ce qu'on prouvera par des raisons semblables à celles de la Conséquence de la Proposition seiziéme.

AVERTISSEMENT.

L*ES expériences qu'on fera suivant cette Proposition feront voir manifestement la fausseté de l'hypothèse*, Que les corps inégaux mis en ressort, prennent par sa force, des quantitez de mouvement selon la raison réciproque de leurs poids: *Car si on met une boule d'ivoire de trois onces sur le douziéme degré de la machine de la Proposition troisiéme, & une d'une once sur le douziéme degré de l'autre part; on verra qu'après le choc la grosse boule demeurera immobile, & par conséquent qu'elle sera retournée en arriére de six degrez de vitesse, puisqu'étant sans ressort, elle se seroit avancée de six degrez, par la Proposition 12e. Or si on multiplie ces six degrez de vitesse en arriére, par trois de poids, on trouvera que la quantité de mouvement de la grosse boule en arriére aura été de 18, & que suivant cette fausse hypothése, la boule d'une once en devroit prendre trois fois autant, savoir 54, qui divisez par l'unité, qui est le poids de cette boule, donneroit 54 degrez de vitesse, lesquels étant joints aux six degrez du mouvement simple, composeroient une vitesse de 60 degrez, qui feroit élever la boule d'une once jusques au soixantiéme degré, ou du moins jusques au 54e. à cause de la résistance de l'air; au lieu qu'elle ne s'élévera qu'à la hauteur de 22 degrez à peu près, d'où l'on connoitra évidemment que cette hypothése est fausse.*

PROPOSITION XIX.

TAB. I. Fig. 13.

SI une ligne comme A B est divisée au point C en la raison réciproque des poids des corps A & B, & aussi au point D, selon la raison des vitesses avec lesquelles ils se choquent; c'est à dire, que si B C est à C A, comme le poids du corps A est au poids du corps B, & que A D soit à B D, comme la vitesse du corps A à la vitesse du corps B, & que C E soit faite égale à C D; la ligne E A sera la vitesse du corps A, selon la direction de E vers A, & E B la vitesse du corps B, selon la direction de E vers B après le choc en D: Car par la Proposition treiziéme, si ces corps étoient sans ressort, ils s'avanceroient ensemble avec une vitesse égale à C D du côté de B: mais les vitesses produites par le ressort étant les mêmes dans chacun de ces corps, que s'ils s'étoient rencontrez avec les vitesses A C, B C, par la seconde Conséquence de la Proposition quinziéme; le corps A prendra par le ressort une vitesse égale à la vitesse A C, selon la direction de C en A, & celle que prendra le corps B par le ressort sera égale à la vitesse C B, selon la direction de C en B: or cette derniére étant ajoutée à celle du mouvement simple, savoir C D ou E C; la ligne entiére E B sera la vitesse du corps B après le choc, par la seconde Proposition: mais si l'on

l'on ôte la même vitesse E C, de la vitesse C A produite par le ressort, à cause qu'elles ont une direction contraire, le reste E A sera la vitesse du corps A après le choc, par la même seconde Proposition.

Que si *d* est le point du choc, la ligne C *d* étant plus grande que C A, & que la ligne B A étant prolongée en C *e* δ, C *e* soit égale à C D, le point *e* passera au delà du point A dans la ligne A B prolongée ; ce qui fera voir que la direction du corps A après le choc, sera du côté du point B, & que sa vitesse sera *e* A, & celle du corps B, *e* B ; car en ce cas, la vitesse C A produite par le ressort dans le corps A B étant moindre que celle du mouvement simple C *d*, il restera du mouvement au corps A du côté de B, selon la vitesse *e* A différence des vitesses C *d*, C A, par la seconde Proposition ; mais à l'égard du moindre corps B, son mouvement simple & son mouvement de ressort sont encore d'un même côté, & par conséquent la ligne entiére *e* B somme des deux lignes C *d* ou C *e*, & C B, sera sa vitesse après le choc, par la même seconde Proposition.

Que si C D en la ligne A B est égale A C, il est manifeste que le point E tombera sur le point A ; ce qui fera connoître que le corps A demeurera sans mouvement après le choc, & que le corps B aura la vitesse respective entiére A B : & si C δ est égale à C B, le point δ étant au delà du point A dans la ligne B A prolongée, le point E tombera sur le point B : ce qui fera connoître que si les deux corps se rencontrent en ce point δ, hors la ligne A B, avec les vitesses propres A δ, B δ, le corps B demeurera sans mouvement après le choc, & le corps A aura la vitesse & la direction B A ; ce qu'on prouvera par les mêmes raisons : & en quelque autre point qu'on ait pris le point D, soit en la ligne A B, soit en ses extrémitez A ou B, ou hors cette même ligne prolongée de part & d'autre ; on trouvera la vitesse & la direction des deux corps après le choc, & l'on en fera la démonstration de même, par les Propositions, seconde, treiziéme, & quinziéme ou ses Conséquences.

AVERTISSEMENT.

On peut appliquer cette démonstration aux pendules de la première Proposition, en prenant un arc tel qu'on voudra pour la ligne droite A B de la douziéme ou treiziéme figure, afin de représenter la vitesse respective des deux boules G & H, quelque proportion qu'on veuille donner à leurs vitesses propres : comme si ces boules étant d'ivoire, la boule G pése six onces & la boule H quatorze, & qu'on veuille les faire choquer en sorte que la boule G demeure en repos après le choc, on prendra pour leur vitesse respective un arc de vingt degrez, à cause que la somme des poids est 20 ; *on élévera la boule G à vingt-huit degrez, afin que ce nombre soit double de* 14, *comme B δ en la ligne A B prolongée est double de B C, & la boule H à huit degrez du même côté, afin que la distance des boules soit toujours de vingt degrez,*

TAB. I. Fig. 3.

TAB. I. Fig. 13.

grez, & ces huit degrez ſont la différence des poids quatorze & ſix, comme Aδ eſt la différence de AC, BC: Alors ſi on laiſſe aller en même tems ces boules, G demeurera en repos après le choc, & H s'élévera de l'autre côté juſques au vingtiéme degré (on fait toujours abſtraction de la réſiſtance de l'air) ce qui eſt aiſé à prouver par les Propoſitions treiziéme & quatorziéme, &c.

Que ſi l'on veut que ce ſoit la boule H qui demeure en repos, il faut l'élever à douze degrez vers N, afin que ce nombre ſoit double de 6, qui dénote le poids de l'autre boule, & élever l'autre vers M à 8 degrez, différence de douze & de vingt; Et l'on verra, ſi on les laiſſe aller en même tems, que la boule H demeurera en repos après le choc, & que l'autre remontera juſques au vingtiéme degré. On pourra faire par cette méthode les expériences de tous les mouvements qu'on aura démontré devoir arriver à deux boules à reſſort, quelles que ſoient les proportions de leurs poids & de leurs viteſſes, lors qu'elles ſe choquent directement.

PROPOSITION XX.

SI deux corps égaux ou inégaux à reſſort ſe ſont choquez directement, ſoit que tous deux fuſſent en mouvement, ou qu'il n'y en eût qu'un ſeul, & qu'ils ſe choquent une ſeconde fois avec les viteſſes acquiſes par le premier choc; ils reprendront après le ſecond choc, la même viteſſe propre, ou le repos, que chacun avoit avant le premier choc.

Soient les boules à reſſort A & B, ſe choquant au point D avec les viteſſes propres, A D, B D; & qu'après le choc la viteſſe de la boule A ſoit E A, & celle de la boule B, E B: Je dis que ſi elles ſe choquent derechef avec les viteſſes acquiſes A E, B E, la boule A reprendra après le ſecond choc ſa viteſſe premiére A D, & B ſa viteſſe premiére B D. (TAB. I. Fig. 13.)

Soit A B diviſée en C, ſelon la proportion des poids de ces boules. Or C E par la précédente ſera égale à C D, à cauſe que le premier choc s'eſt fait avec les viteſſes A D, B D. Mais A E étant la viteſſe de la boule A, & B E celle de la boule B au ſecond choc, & C D étant égale à C E; D A ſera la viteſſe de la boule A après le ſecond choc, & D B celle de la boule B, par la précédente, qui ſont les mêmes que ces boules avoient avant le premier choc. On fera voir la même choſe en quelque autre proportion que ſoient les poids & les viteſſes propres de ces boules avant le premier choc, & quelque viteſſe que chacune d'elles en ait reçûë. Donc ſi deux corps égaux ou inégaux, &c. ce qu'il falloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

TAB. I. Fig. 12.

SUppoſons que la boule A péſe trois onces & la boule B une once, & qu'elles ſe rencontrent au point D hors la ligne A B avec les vi-

teſſes

teſſes A D de deux degrez, & B D de ſix degrez; B C ſera égale à trois, & A C à l'unité, & C B, C D, ſeront égales. Or ſi ces boules étoient ſans reſſort, d'autant que la ſomme de leurs quantitez de mouvement eſt 12, leur viteſſe commune après le choc ſeroit 3, & la viteſſe de la boule A par le reſſort étant A C ou l'unité, toute ſa viteſſe ſera B A, c'eſt à dire 4. De même la viteſſe de reſſort de la boule B étant 3, ſi on l'ôte de ſa viteſſe ſimple qui eſt auſſi 3, à cauſe des directions contraires de ces deux mouvemens; cette boule reſtera ſans mouvement.

Or la ſeule boule A frappant la boule B pour la ſeconde fois avec ſa viteſſe acquiſe de quatre degrez, les deux enſemble iroient avec une viteſſe de trois degrez ſi elles étoient ſans reſſort; Mais A en perdra un degré par le reſſort, & B en prendra 3. Donc leurs viteſſes après le deuxiéme choc ſeront A D ou 2, & B D ou 6, qui étoient leurs premiéres viteſſes.

PREUVES PAR EXPÉRIENCE.

SI l'on ſuſpend deux boules d'ivoire, dont l'une péſe trois fois plus que l'autre, & qu'on les faſſe choquer avec des viteſſes égales, les élevant chacune à la hauteur d'un arc de douze degrez; on verra arrêter la groſſe en ſon point de repos après le choc, & retourner l'autre en arriére juſques à la hauteur de vingt quatre degrez: mais cette boule venant à frapper de nouveau la groſſe boule demeurée en repos, elle la repouſſera juſques au douziéme degré, & retournera en arriére à la même hauteur de douze degrez, d'où elles viendront derechef ſe choquer avec leurs premiéres viteſſes, du moins à peu près, à cauſe de la réſiſtance de l'air; & l'on verra encore les mêmes effets au troiſiéme & quatriéme choc. TAB. I. Fig. 3.

PROPOSITION XXI.

SI deux corps à reſſort égaux ou inégaux ſe choquent directement avec des viteſſes égales ou inégales, ils ſe ſépareront après le choc avec la même viteſſe reſpective, avec laquelle ils ſe ſont rencontrez.

Soient A & B deux boules d'ivoire ou de jaſpe qui ſe rencontrent dans la ligne A B, ou au delà en un point de cette ligne prolongée, avec des viteſſes propres telles qu'on voudra, comme A E, B E, faiſant enſemble la viteſſe reſpective A B; Je dis qu'après le choc elles ſe ſépareront avec la même viteſſe reſpective: Car ſi elles étoient ſans reſſort, elles demeureroient toutes deux ſans mouvement, ou iroient enſemble, & elles ne ſe ſéparent que par la force de leurs reſſorts. Mais la viteſſe produite par la force des reſſorts eſt toujours la même que celle qui a produit les reſſorts, par la quinziéme Propoſition, & ſes Conſéquences. Donc la viteſſe reſpective avec laquelle ces boules ſe TAB. I. Fig. 13.

séparent après le choc, sera la même que celle avec laquelle elles se rencontrent. Ce qu'il falloit prouver.

PROPOSITION XXII.

SI un corps à ressort choque directement un autre corps à ressort, soit que le corps choqué soit en repos, soit qu'il s'avance de même part que l'autre, selon une même ligne de direction; la somme des quantitez de mouvement des deux ensemble après le choc, sera la même qu'avant le choc, s'ils s'avancent tous deux, ou si celui qui a choqué demeure sans mouvement. Mais si ce dernier corps retourne en arriére, la quantité de mouvement de celui qui s'avance sera plus grande que celle qu'avoit le corps qui s'est mû seul, ou les deux mûs de même part avant le choc; & l'excès sera égal à la quantité de mouvement de celui qui retourne en arriére.

La premiére partie de cette Proposition est facile à prouver: Car s'ils étoient sans ressort, les deux quantitez de mouvement devant & après le choc seroient égales par la dixiéme & onziéme Proposition; mais par la premiére Conséquence de la quinziéme, les ressorts produisent la même quantité de mouvement en l'un & en l'autre de ces corps. Donc le recul de l'un par le mouvement de ressort, ôtera autant de la quantité de mouvement simple, que l'avance de l'autre y en ajoutera, si celui qui a choqué demeure sans mouvement ou qu'il s'avance; & par conséquent la somme des quantitez de mouvement devant & après le choc sera toujours la même.

La seconde partie se prouve en cette sorte. Si le corps qui a choqué ne retournoit pas en arriére, la somme des quantitez de mouvement après le choc seroit égale à celle qui précéde le choc, par la premiére partie. Mais autant que le corps qui retourne en arriére, prend de quantité de mouvement par son recul, à compter depuis le point de rencontre, autant s'en ajoûte-t-il à la quantité de mouvement de celui qui s'avance, par les Conséquences de la quinziéme. D'où il s'ensuit qu'il faudra ôter cette quantité de mouvement en arriére de celle du corps qui s'avance, afin que le reste soit égal à la quantité de mouvement qui précéde le choc: Donc en ce cas la quantité de mouvement du corps qui s'avance est plus grande que celle qui étoit avant le choc, & l'excès est égal à la quantité de mouvement du corps qui retourne en arriére. Ce qu'on s'étoit proposé de prouver.

PROPOSITION XXIII.

SI deux corps inégaux à ressort se choquent directement avec des vitesses contraires, non réciproques à leurs poids, & qu'ils s'avancent tous deux, ou que l'un d'eux demeure en repos après le choc; la somme de leurs quantitez de mouvement après le choc sera égale à la différence de celles qu'ils

qu'ils avoient avant le choc. Mais ſi les deux corps retournent en arriére après s'être choquez, la ſomme de leurs quantitez de mouvement ſera plus grande que cette différence, & l'excès ſera égal au double de la quantité de mouvement de celui à qui il en reſte le moins.

La premiére partie de cette Propoſition ſe prouve ainſi.

Si ces corps étoient ſans reſſort, ils auroient enſemble après le choc une quantité de mouvement égale à la différence de celle qu'il avoient avant le choc, par la Propoſition douziéme. Mais ces corps reçoivent chacun une égale quantité de mouvement par le reſſort, par la premiére Conſéquence de la quinziéme: & ces quantitez égales de mouvement étant contraires, ſi l'une s'ajoûte au mouvement ſimple de l'un des corps, l'autre en détruit une égale dans l'autre corps. Donc il ne reſtera dans les deux corps pour la ſomme de leurs quantitez de mouvement, que la même qu'ils auroient s'ils étoient ſans reſſort, ſavoir la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc.

Pour ce qui eſt de la ſeconde partie. Si le corps qui a la moindre quantité de mouvement après le choc, n'étoit point retourné en arriére, depuis le point de rencontre; la ſomme des quantitez de mouvement des deux corps ſeroit égale à la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc, par la premiére partie. Il faut donc ajouter à cette différence, la moindre quantité de mouvement en arriére, & encore une pareille dans l'autre corps, puiſque le reſſort en donne autant à l'un des corps qu'à l'autre par la premiére Conſéquence de la quinziéme; & par conſéquent cette différence ſera augmentée du double de la moindre quantité de mouvement.

EXEMPLES EN NOMBRES.

SUppoſons que deux boules d'ivoire A & B, la premiére de deux onces, & l'autre d'une once, ſe rencontrent directement avec des viteſſes contraires inégales, ſavoir A avec une viteſſe de cinq degrez, & B avec une viteſſe d'un degré: la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc ſera 9; & ce nombre diviſé par 3, ſomme des poids, donnera pour quotient 3, qui ſeroit leur viteſſe commune après le choc, ſi les boules étoient ſans reſſort. Mais leur viteſſe reſpective étant de ſix degrez, la boule A en prendra deux en arriére, & par conſéquent il ne lui reſtera qu'un degré de viteſſe en avant, & ſa quantité de mouvement ſera 2; & la boule B prenant quatre degrez de ces ſix par le mouvement de reſſort, elle en aura ſept après le choc, lequel nombre ſera auſſi ſa quantité de mouvement, par la quatriéme Propoſition; & la ſomme des deux ſera neuf, égale à la différence des quantitez de mouvement avant le choc.

Que ſi ces boules ſe choquent avec des viteſſes égales de trois degrez chacune, la différence de leurs quantitez de mouvement ſera trois, &

elles iroient ensemble avec une vitesse d'un degré par leur mouvement simple. Mais A doit retourner en arriére avec deux degrez de vitesse par le mouvement de ressort, & par conséquent il retournera en arriére depuis le point de rencontre avec une vitesse d'un degré, & le reste de sa quantité de mouvement sera deux. Mais B prenant quatre degrez de vitesse par le mouvement de ressort; toute sa vitesse sera cinq, & sa quantité de mouvement cinq, qui étant ajoutée à la quantité de mouvement de la boule A en arriére, savoir deux, la somme sera sept, qui est plus grande que la différence trois ci-dessus, & l'excès est quatre, double de la quantité de mouvement de la boule A en arriére, conformément à ce qui a été proposé.

PROPOSITION XXIV.

Si le poids d'un corps à ressort est triple, ou moins que triple du poids d'un autre corps à ressort moindre, & qu'ils se choquent avec des vitesses égales; la somme de leurs quantitez de mouvement après le choc sera moindre qu'avant le choc, & la différence sera égale au quarré de la différence des poids des deux corps, si leur vitesse respective est exprimée par la somme de leurs poids.

Soit le poids du corps A triple du poids du corps B, & que leur vitesse respective soit exprimée par quatre, nombre égal à la somme de leurs poids. Soit aussi la ligne A B divisée en quatre parties égales par les points C, *d*, *e*. Il est manifeste qu'elle sera divisée en C, en raison réciproque des poids, & que A C sera l'unité, B C, 3, & C *e* leur différence. Or si ces corps se rencontrent en *d*, avec les vitesses égales A *d*, B *d*; le rectangle A *d*, B C sera la quantité de mouvement du corps A avant le choc, & A C, *d* B, du corps B, & leur somme sera le rectangle B A *d*. Mais d'autant que C A est égale à C *d*, A demeurera en repos après le choc, par la dix-neuviéme; & la quantité de mouvement de B, sera le rectangle B A C, moindre que le rectangle B A *d* du rectangle B A C, c'est à dire du quarré de C *e*, moyenne proportionnelle entre B A, A C, laquelle ligne C *e* est la différence des lignes A C, B C, qui expriment les poids des deux corps, selon l'énoncé de la Proposition.

TAB. I. Fig. 12.

Soit maintenant la proportion du poids du corps A, au poids du corps B, moindre que de trois à un; & soit la ligne A B divisée en C selon cette proportion, & en parties égales au point D. Il est manifeste que si ces corps se rencontrent en D directement avec les vitesses égales A D, B D, & que C E soit prise égale à C D; le point E tombera entre A & C, & que E A sera la vitesse du corps A, & E B celle du corps B en se séparant, par la dix-neuviéme Proposition. Or si B *d* est égale à A C, C *d* sera la différence des poids des corps A & B. Il faut donc faire voir que les premiéres quantitez de mouvement, savoir les rectangles A D, B C,

TAB. I. Fig. 13.

B C, & B D, A C, ſurpaſſent les ſecondes quantitez de mouvement, ſavoir les rectangles E A, B C, & E B, A C, & que l'exès eſt le quarré de C *d*, ce qui eſt facile. Car le rectangle E A, B C eſt moindre que le rectangle A D, B C, du rectangle E D, B C, & le rectangle E B, A C, excéde le rectangle D B, A C, du rectangle E D, A C. Or le rectangle E D, B C, qui eſt ôté aux premiéres quantitez de mouvement, eſt plus grand que le rectangle E D, A C, qui leur eſt ajouté; & l'excès eſt le rectangle E D, C *d*, c'eſt à dire le quarré de C *d*, différence des poids, puis que E C, C D, D *d*, ſont égales. Il eſt encore évident que plus les poids approcheront de l'égalité, plus le point C ſera près du point D, qui partage la ligne A B également; & que par conſéquent, les ſommes des quantitez de mouvement devant & après le choc ſeront moins inégales; & qu'enfin, lorſque les poids ſeront égaux, le point C tombera ſur le point D, & les ſommes de ces quantitez de mouvemens ſeront égales, par la Propoſition quinziéme.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SUppoſons que le corps A péſe ſept onces, & le corps B trois onces, leur viteſſe reſpective ſera dix. Or s'ils ſe choquent avec des viteſſes égales de cinq degrez chacune, leurs premiéres quantitez de mouvement ſeront 35 & 15, dont la ſomme eſt 50, & la différence 20. Donc s'ils étoient ſans reſſort, ils auroient deux degrez pour leur viteſſe commune après le choc, par la douziéme Propoſition. Mais leur viteſſe reſpective étant dix, A en prendra trois en une direction contraire à celle de ſon mouvement ſimple, & par conſéquent il ne lui reſtera qu'un degré de viteſſe, & ſept de quantité de mouvement: & B, qui doit prendre ſept degrez de viteſſe par le mouvement de reſſort de même part que les deux degrez de mouvement ſimple, aura pour ſa viteſſe entiére neuf degrez, & vingt ſept pour ſa quantité de mouvement, laquelle étant jointe à celle du corps A, la ſomme ſera 34, moindre que leur premiére ſomme 50; & la différence eſt 16, quarré de 4, différence de leurs poids, ſelon l'énoncé de la Propoſition.

PROPOSITION XXV.

S'Il y a deux corps inégaux à reſſort A & B, & que le moindre B étant en repos ſoit choqué directement par le plus peſant avec une viteſſe dont les degrez ſoient exprimez par le nombre qui exprime la ſomme des poids des deux corps; le corps B après le choc aura une viteſſe dont les degrez ſeront exprimez par un nombre double du nombre du plus grand poids, & les degrez de viteſſe que le corps A perdra ſeront exprimez par le double du nombre du moindre poids.

D'autant que la viteſſe commune du mouvement ſimple des deux corps

corps après le choc, eſt égale au nombre du poids du corps A, par la ſeconde Conſéquence de la dixiéme Propoſition; & que la premiére viteſſe du corps A eſt égale à la ſomme des nombres des poids, par l'hypothéſe : le corps A perdra par le mouvement ſimple un nombre de dégrez de ſa viteſſe premiére, égal au nombre du poids du corps B. Mais ce même corps A par le mouvement de reſſort prend une viteſſe égale à ce même nombre, par la quinziéme Propoſition; & cette ſeconde viteſſe aura une direction contraire à celle de ſon mouvement ſimple. Donc il perdra par les deux mouvemens un nombre de degrez de viteſſe égal au double du nombre du moindre poids. Et le corps B recevant par le mouvement ſimple une viteſſe dont le nombre des degrez eſt égal au nombre du poids du corps A, par la ſeconde Conſéquence de la Propoſition dixiéme, & par le mouvement de reſſort un pareil nombre de degrez de viteſſe, par la quinziéme Propoſition; le nombre de degrez de ſa viteſſe entiére après le choc ſera double du nombre du poids du corps A, ce qu'il falloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

QUe le poids du corps A ſoit huit onces, & celui du corps B trois onces; la premiére viteſſe du corps A ſera onze, & les deux corps enſemble par le mouvement ſimple auront une viteſſe de huit degrez après le choc. Mais le corps B par le reſſort prendra encore une viteſſe de huit degrez de même part : Donc toute ſa viteſſe ſera 16, nombre double du poids du corps A; & le corps A prenant par le reſſort une viteſſe de trois degrez, en une direction contraire, il ne lui en reſtera que cinq degrez après le choc, & par conſéquent il en aura perdu ſix, qui eſt un nombre double du moindre poids, ſelon l'énoncé de la Propoſition.

PROPOSITION XXVI.

S'Il y a deux corps inégaux à reſſort A & B, & que le plus peſant A étant en repos ſoit choqué par le plus leger, avec une viteſſe dont les degrez ſoient exprimez par le nombre qui exprime la ſomme des poids de deux corps : le corps A après le choc aura une quantité de mouvement double de celle du corps B avant le choc diminuée du quarré du nombre qui exprime ſon poids; & les degrez de viteſſe que le corps B perdra, ſeront exprimez par le double du nombre qui exprime ſon poids.

D'autant que la viteſſe commune du mouvement ſimple des deux corps après le choc, eſt égale au nombre du poids du corps B, par la ſeconde Conſéquence de la dixiéme Propoſition; & que la premiére viteſſe du corps B, eſt égale à la ſomme des nombres des poids par l'hypothéſe : le corps B prendra un nombre de degrez de viteſſe, égal au nom-

nombre de ſon poids par le mouvement ſimple, & par le reſſort il prendra une viteſſe égale au nombre du poids A, par la quinziéme Propoſition, laquelle viteſſe de reſſort aura une direction contraire à celle du mouvement ſimple; & par conſéquent il ne lui reſtera que la différence des nombres des deux poids pour ſa viteſſe. Mais la différence de deux nombres inégaux eſt moindre que leur ſomme, du double du moindre nombre. Donc le corps B perdra par les deux mouvemens un nombre de degrez de viteſſe égal au double du nombre de ſon poids.

A l'égard du corps A, il recevra par le mouvement ſimple une viteſſe égale au nombre du poids B, par la ſeconde Conſéquence de la dixiéme Propoſition; & par le mouvement du reſſort, il recevra une viteſſe pareille de même part, par la quinziéme Propoſition. Donc le nombre de ſa viteſſe entiére ſera double du nombre du poids B, & ſa quantité de mouvement ſera le produit de ſon propre poids par le double du nombre du poids B. Mais la quantité de mouvement du corps B avant le choc eſt égale au produit de ſon poids par la ſomme des deux poids, puiſque ſa viteſſe eſt ſuppoſée égale à cette ſomme; & ſi de cette quantité de mouvement on ôte le quarré du nombre de ſon poids, le reſte ſera le produit du nombre de ſon poids, par le nombre du poids du corps A. Donc la quantité de mouvement du corps A après le choc, ſera double de la quantité de mouvement du corps B, avant le choc, diminuée du quarré du nombre qui exprime ſon poids; & par conſéquent s'il y a deux corps inégaux à reſſort, &c. ce qu'il falloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

QUe le poids du corps A ſoit huit onces, & le poids du corps B trois onces, la viteſſe du corps B avant le choc ſera onze, & ſa quantité de mouvement trente trois, qui étant diminuée du quarré de ſon poids, ſavoir neuf, il reſtera vingt-quatre. Or la viteſſe du mouvement ſimple des deux corps joints eſt trois, & le mouvement de reſſort ajoutant encore trois degrez de viteſſe au corps A, ſa viteſſe après le choc ſera ſix, & ſa quantité de mouvement quarante-huit, double du nombre vingt-quatre ci deſſus. Mais le corps B prendra par le reſſort une viteſſe en arriére de huit degrez, dont il faut ôter les trois degrez de mouvement ſimple, par la ſeconde Propoſition; & par conſéquent il ne lui reſtera que cinq degrez de viteſſe: Donc ſa viteſſe ſera diminuée de ſix, nombre double de ſon poids. On voit par cet exemple, & par celui de la précédente, & il eſt aiſé de le démontrer univerſellement, que lorſque les poids demeurent les mêmes, quel que ſoit le corps qui choque, ſa viteſſe reſtante eſt toujours la même, & la quantité de mouvement du corps choqué eſt auſſi la même: Car en chacun de ces exemples la viteſſe qui reſte au corps qui choque eſt cinq, & la quantité de mouvement du corps choqué eſt 48. La ſeule différence

 eſt,

eſt, que la viteſſe qui reſte au plus grand corps eſt en avant, & celle du moindre en arriére.

PREMIÉRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit des deux Propoſitions précédentes, que le corps choqué prend autant de viteſſe & de quantité de mouvement par le mouvement ſimple, que par le mouvement de reſſort.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que ſi l'on prend deux corps inégaux à reſſort de tel poids qu'on voudra, & que l'un des deux étant en repos ſoit choqué par l'autre directement avec une viteſſe égale au nombre de la ſomme de leurs poids; la ſomme de leurs viteſſes après le choc, ſera triple de cette premiére viteſſe, moins quatre fois le nombre du moindre poids, ſi c'eſt le moindre corps qui ſoit en repos; & ſi c'eſt le plus grand, la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc, ſera triple de la quantité de mouvement du moindre corps avant le choc, moins quatre fois le quarré du nombre du moindre poids.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SUppoſons que le corps A péſe 100000 onces, & le corps B, une once. Or ſi c'eſt le moindre corps qui choque, ſa viteſſe premiére ſera 100001, & la quantité de mouvement du corps choqué ſera 200000, & celle qui reſtera dans le moindre corps ſera 99999, dont la ſomme ſera triple de la premiére quantité de mouvement du moindre corps, ſavoir 100001 moins quatre, c'eſt à dire quatre fois le quarré de l'unité qui marque le moindre poids. Mais ſi le moindre corps eſt en repos, ſa viteſſe après le choc ſera 200000, & celle de l'autre 99999, dont la ſomme eſt auſſi triple moins quatre, de 100001.

On voit par cét exemple qu'on peut tellement augmenter l'inégalité des poids de ces corps, que la ſomme de leurs quantitez de mouvement ou de leurs viteſſes, après le choc, ſera triple de la premiére, moins une de ſes parties, plus petite qu'aucune qu'on puiſſe dire.

Cette ſeconde Conſéquence doit paſſer pour un paradoxe aſſez ſurprenant; Car comment un corps peut-il donner une plus grande viteſſe, ou une plus grande quantité de mouvement à un autre corps, que celle qu'il a, & conſerver la ſienne preſque toute entiere? Mais cette merveille procéde de deux régles de la nature, qui ont été expliquées dans la troiſiéme Propoſition, & dans la quinziéme; ſavoir, que l'impreſſion mutuelle de deux corps l'un ſur l'autre eſt toujours la même, quand la viteſſe reſpective avec laquelle ils ſe rencontrent directe-

rectement est la même ; & que quand ils se sont mis en ressort par leur choc, ils partagent leur vitesse respective, en raison réciproque de leurs poids : ce qui fait que quand c'est le plus grand corps qui choque, les vitesses sont augmentées & les quantitez de mouvement demeurent égales ; & quand c'est le moindre corps, les quantitez de mouvement sont augmentées, & la somme des vitesses demeure égale.

Pour faire voir par l'expérience qu'un petit Corps choqué par un plus grand, reçoit presque le double de sa vitesse ; il faut suspendre deux boules d'ivoire fort inégales en poids, comme si l'une pese quatre gros, il faut que l'autre en pése quatre-vingt ; élevez la plus grosse G, jusques à quatre-vingt-quatre degrez, ajoutant cinquante-quatre degrez à l'arc LM, afin d'avoir une vitesse respective égale au nombre qui exprime la somme des poids ; laissez aller cette boule contre l'autre, en sorte qu'elle la choque directement, & vous verrez que la petite boule ira de telle force qu'elle fera deux ou trois tours à l'entour des deux clous, si elle ne rencontre rien. Or par ce qui a été dit, elle doit recevoir une vitesse double de celle qui la feroit remonter par un arc de cercle de quatre-vingts degrez, ou qui la feroit élever perpendiculairement à environ 40 pouces de hauteur, si les filets de suspension étoient de quatre piés ; & par conséquent elle remonteroit à environ treize piés de bas en haut, par cette vitesse double, par la seconde supposition : Donc elle remonteroit plus haut que le diamétre entier du cercle du pendule. Mais étant retenuë par le filet qui l'empêche de monter plus haut que huit piés, elle employera en rond le reste de sa vitesse, qui lui fera faire deux ou trois tours à l'entour des clous, nonobstant la résistance de l'air. TAB. I. Fig. 3.

TROISIÉME CONSÉQUENCE.

IL suit aussi de ces deux Propositions, que si deux corps à ressort sont fort inégaux en poids, ils peuvent se rencontrer directement de telle sorte, que leurs secondes quantitez de mouvement ou leurs secondes vitesses ne seront à fort peu près que le tiers des premiéres ; c'est à dire, qu'il se perdra à fort peu près les deux tiers de leurs vitesses ou de leurs quantitez de mouvement par le choc. Car si les deux corps ci-dessus A & B, se choquent une seconde fois avec les vitesses acquises par le premier choc de l'un des deux corps ; il n'en restera qu'un seul en mouvement après le second choc, par la vingtiéme Proposition, & il reprendra la même vitesse & la même quantité de mouvement qu'il avoit avant le premier choc. Donc, comme le premier choc avoit fait tripler à peu près la premiére vitesse ou la premiére quantité de mouvement, réciproquement le second la diminuëra des deux tiers à peu près : comme si une boule à ressort cent mille fois plus pesante qu'une autre la choque en repos, avec une vitesse de 100001 degrez, leurs vitesses après le choc seront de 200000 degrez pour la moindre, & de 99999

pour la plus pesante : mais si elles viennent à se choquer une seconde fois, allant de même part avec ces vitesses acquises ; la moindre demeurera sans mouvement après avoir choqué la plus pesante, & cette derniére reprendra sa premiére vitesse de 100001 degrez, qui excéde de fort peu le tiers de 299999 degrez, somme des deux quantitez de mouvement avant le second choc. Il est encore évident que lors qu'un corps à ressort en choque un autre plus pesant en repos, plus ce dernier sera pesant, plus la vitesse du corps choquant sera grande en arriére, à cause de la plus grande résistance que fait le corps plus pesant, conformément à la Proposition cinquiéme : & qu'enfin si le corps choqué étoit si pesant qu'il fût sensiblement inébranlable, l'autre corps retourneroit en arriére sensiblement avec toute sa vitesse, conformément à la Proposition quatorziéme. On trouvera encore facilement par le calcul, que si deux boulets de canon fort inégaux en poids se rencontroient directement avec des vitesses égales, le moindre retourneroit en arriére avec une vitesse qui seroit à peu près trois fois plus grande que celle qu'il auroit eûe avant le choc : par exemple, si le gros boulet pesoit quarante livres & le petit boulet une livre, leur vitesse respective étant exprimée par 82, nombre double de la somme de leurs poids ; le petit boulet après le choc prendroit une vitesse en arriére de 119 qui seroit triple de sa premiére vitesse 41, moins 4 qui est le produit du moindre nombre par 4.

PROPOSITION XXVII.

TAB. I. Fig. 14. *Si l'on suspend un cerceau de fil de fer ou de bois neuf, comme le cercle A B C D, en sorte que les diamétres A H C, B H D, soient en un plan horisontal à peu près, & qu'on le frappe fortement avec un bâton ou autrement au point D, pour le faire avancer horisontalement selon la direction de la ligne D G H E B F ; le point B ne s'avancera pas en même tems que le point choqué D, mais il ira en arriére du côté de D, comme en E, avant que d'aller en F.*

Pour bien prouver la nécessité d'un effet si surprenant, & en faire voir les causes ; il faut considérer ce qui arrive à un fil de fer, comme A B, lorsqu'on le fait plier en le tenant par les deux bouts. Car il ne fait pas un angle rectiligne vers le milieu C D, puisque la partie convexe en C seroit trop étenduë, & la partie concave trop serrée : mais il prendra une courbure comme *a* C *b*, en laquelle la partie du milieu C D sera un peu plus dilatée en sa convexité & un peu plus serrée en sa concavité, qu'une autre partie proche, comme G H ou I L, & celles-ci plus que les parties M F, E N ; puisque les longueurs *a* C, *b* C, tenant lieu de leviers qui s'appuient sur le point D comme sur leur centre de mouvement pour faire plier ou pour rompre le fil de fer en C, y font un plus grand effort ensemble que les leviers *a* H, *b* H, en-

(margin beside "voir les causes": TAB. I. Fig. 15.)

ensemble n'en font au point G; & de même à l'égard des autres points, comme il a été démontré par Galilée en son Traité de la *Résistance des solides*, & comme l'expérience le fait voir.

Or si le même fil de fer A B de deux ou trois piés de longueur, & d'environ deux lignes & demi d'épaisseur, est posé sur deux appuis O & P également distans du milieu *q* D, & qu'on le frappe fermement au point *q*, pour le pousser vers C; la partie *q* D sera avancée vers D C, avant que les extrémitez A & B se soient avancées de ce côté là, ni même les parties N E, M F, à cause que le fil de fer est flexible. Mais, par ce que nous venons de dire, il ne se fera pas un angle rectiligne au point C, ou un mixte C N A: mais le fil de fer prendra une courbure comme N I C G M; & les parties restantes N A, M B, suivront cette courbure; & tout le fil de fer prendra la courbure *a* N C M *b*, à peu près de même que si on l'avoit plié en le tenant par les deux bouts; & par conséquent les extrémitez A & B iront en arriére, avant que de s'avancer du côté que le fil de fer est poussé. TAB. I. Fig. 15.

Pour en faire l'expérience, mettez un verre à boire vers l'extrémité A, en sorte que sa partie la plus avancée soit entre A & *a*, & un autre de même, proche du point B, chacun à trois ou quatre lignes de distance du fil de fer; Frappez fermement le fil de fer avec un bâton au point *q* pour le faire avancer vers D C, & vous verrez que ses extrémitez choqueront les verres avec une telle force, qu'elles les casseront; ce qui seroit impossible, si ces extrémitez ne se mouvoient en arriére, avant que de s'avancer.

On verra un effet presque semblable, & qui procéde des mêmes causes, si l'on tient une baguette fléxible, horisontalement au dessus d'une table à un pouce près; car si on la léve tout à coup avec une grande vitesse, son extrémité se pliera vers la table, & la touchera avant que de s'élever.

Ayez encore un fil de fer en demi cercle, comme A B C, dont le diamétre soit d'environ deux piés, & le suspendez horisontalement par des filets qui y soient attachez entre A & B, & B & C; frappez le fermement au point B, pour faire avancer ce point selon la ligne B F: les points A & C n'iront pas au commencement de leur mouvement selon les lignes A E, C D, parellelles à B F, mais ils iront à côté selon le diamétre A C prolongé de part & d'autre, ou à peu près. C'est ce qu'on expliquera par les mêmes raisons du fil de fer qui casse les verres, & on le connoitra par l'expérience, en mettant à côté une petite boule comme au point I, & une autre comme au point N: car la boule I ira comme en I L, & la boule N en N M, quand même la boule I seroit à deux pouces, à côté du point C dans le diamétre A C prolongé, & la boulé N à deux ou trois lignes près de l'extrémité C dans la ligne C D: & si l'on met quelque plan vertical parallelle au diamétre A C, en même situation que la ligne N O, & qu'on met- TAB. II. Fig. 16.

 te-

te un peu de cire en pointe qui couvre l'extrémité C, lorſqu'on pouſſera fermemement le point B vers F; le mouvement du bout de la cire ſe fera par une ligne ſenſiblement parallelle à N O; ce que l'on connoitra, parce que le petit bout de la cire conſervera ſa figure, ce qui fera voir qu'elle n'aura pas touché en s'écartant vers O, la ſurface repréſentée par la ligne N O.

TAB. I. Fig. 14. Ces choſes étant ſuppoſées, il eſt aiſé de faire voir ce qui a été propoſé à l'égard du cerceau. Car le point D étant pouſſé comme juſques en G, les extrémitez A & C du demi cercle A D C, doivent s'avancer à côté en s'éloignant du centre, de même que le point C de la figure ſeiziéme. Or ce point C du cercle entier demeurera dans la ligne en l'air A C L, & ſera comme au point L, lors que le point D ſera comme en G; ou il ſera un peu plus avant comme en N, ou un peu en arriére comme en O. Si donc on ſuppoſe que le point D étant en G, le point C ſoit en L, & le point A en M; la ligne circulaire A B C prendra une courbure comme M G L. Or ſi le point B en cét inſtant demeuroit immobile, le reſte du cercle, ſavoir A B C, prendroit une courbure, comme M B L; & en cét état il ſeroit plus étendu qu'auparavant: Car la ligne courbe M D L étant ſuppoſée ſemblable à M B L, la courbe D L B ſeroit plus grande que la circulaire D C B, & D M B plus grande que D A B: Donc leurs moitiez L B, M B, ſeroient plus grandes que B C, A B; & elles le ſeroient encore plus, ſi le point B s'étoit déja avancé en F. Il eſt donc néceſſaire que la partie L B M, pour conſerver ſon étenduë naturelle, retourne en arriére, en ſorte que le point B étant en E, la ligne courbe L E M ſoit égale à la circulaire A B C. La même choſe arrivera, & à plus forte raiſon, ſi le point C étoit allé en O.

Suppoſons maintenant que le point D étant en G, le point C ſoit en N, à deux ou trois lignes du point L; car par ce qui a été dit du fil de fer en demi cercle, il ne s'avance pas plus loin en s'écartant, au commencement du mouvement du point D: & imaginons que les deux points A & C, étant tirez par force en I & P, ſelon le diamétre A C prolongé, les deux parties A B C, A D C, ſe touchent ſelon toute leur étenduë. En ce cas, il eſt évident que le point C ſeroit éloigné du centre H, de la diſtance H C plus la moitié de H C plus $\frac{1}{14}$, ſuppoſant que la circonférence A B C D ſoit égale à trois fois le diamétre A C plus $\frac{1}{7}$; & par conſéquent que le point C ſe ſeroit éloigné de ſa premiére ſituation, d'environ la moitié de H C plus $\frac{1}{14}$, & que le point B étant alors au point H, il ſe ſeroit mû par une ligne preſque double de la ligne C I ou A P. D'où il s'enſuit que lors qu'au commencement de cette extenſion le point C eſt en L, & le point B en E; B E doit être plus grande que B L: & il eſt évident que ſi un quarré étant inſcrit dans le cercle A B C D, la ligne L E étoit égale au côté de ce quarré, & le demi diamétre H C de la longueur de 100 pouces; la ligne H E ſeroit moindre que 99 pou-

TAB. I. Fig. 14.

ces,

ces, si H L étoit de 101 ; & par conséquent C L seroit moindre que B E. Il paroît donc, que lors que le point C est en L, & le point B en E, B E doit être plus grande que C L. Or supposant que C L soit seulement de douze lignes, & B E de treize lignes, & que le point C s'écartant à côté jusques à douze lignes s'avance en N à une distance de quatre lignes de C I, quoi qu'il ne doive pas s'avancer de plus de deux ou trois lignes par l'expérience ci-dessus ; il est manifeste que le point B reculera encore de neuf lignes, & que si C L est de six lignes & B E de six lignes $\frac{1}{4}$ seulement, il reculera encore de deux lignes plus $\frac{1}{4}$ du côté de D, avant que d'aller vers F.

La preuve par l'expérience en est facile, en suspendant une petite balle de feutre ou de bois, à deux ou trois lignes du point B, entre B & E, au dedans du cercle : car lorsqu'on frappera fermement le point D, pour pousser le cerceau vers F, la petite balle viendra en arriére avec une grande force du côté de D ; ce qui n'arriveroit pas, si le point B ne s'étoit approché du point E par le choc. D'où il s'ensuit que le point B ne s'avance pas en même tems que le point choqué D, mais qu'il va en arriére du côté de D, avant que d'aller en F ; ce qu'on s'étoit proposé de prouver & d'en donner les causes naturelles.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit que si une boule creuse à ressort est choquée directement par une autre, la partie opposée à celle qui est frappée, retourne un peu en arriére avant que de s'avancer ; car l'effet doit être semblable à celui d'un anneau à ressort : & même quand la boule choquée seroit solide, il se doit faire un mouvement de frémissement ou tremblement en toutes ses parties, qui les fait approcher & éloigner de leur centre par une espéce de vibration ; & par conséquent les boules dures à ressort, comme celles de jaspe, de verre & d'ivoire, doivent suivre la même Loi à peu près qu'un anneau de fer à ressort, lorsqu'elles sont choquées directement par une autre ; c'est à savoir, que la partie opposée à celle qui est choquée, doit reculer un peu en arriére avant que de s'avancer.

PROPOSITION XXVIII.

SOient A, B, C, trois boules d'ivoire ou d'autre matiére à ressort ferme, égales entre elles, & contiguës ; & qu'une autre boule D de même matiére & de même pesanteur, choque directement la boule C, selon la ligne A D qui joint leurs centres : les boules C & B demeureront en repos après le choc, & la boule D aussi, & la seule boule A s'avancera avec la même vitesse qu'avoit la boule D avant le choc ; & quelque nombre de boules qu'il y ait de suite, soit deux ou trois ou qua- TAB. II. Fig. 17.

quatre, &c. il n'y aura toujours que la plus éloignée qui se mettra en mouvement.

TAB. II. Fig. 18. Que s'il y a deux boules comme E & F qui se touchent, & qui choquent ensemble plusieurs boules qui se touchent aussi, comme *a*, *b*, *c*, *d*, selon la ligne de direction *a* F; les deux boules E & F s'arrêteront, & les autres demeureront aussi en repos, à la reserve des deux derniéres *a* & *b*, qui s'avanceront ensemble avec la même vitesse des deux E & F.

Que s'il y a trois boules qui choquent, il n'y aura que les trois derniéres *a*, *b*, *c*, qui s'avanceront avec la vitesse commune des trois qui auront choqué, & toutes les autres demeureront en repos; & ainsi à l'infini, en tel nombre que puissent être les boules qui choquent & celles qui sont choquées.

TAB. II. Fig. 17. Pour expliquer ces effets, il faut considérer les trois boules A, B, C, comme si elles ne se touchoient pas, & qu'il y eût entre elles une petite distance comme d'un quart de ligne: car en ce cas il est évident par la Proposition seiziéme, que la boule D choquant la boule C, lui donnera sa vitesse & demeurera en repos; & que la boule C donnera sa vitesse à la boule B; celle-ci à la boule A, & ainsi de suite s'il y en a plus de trois. Or le même doit arriver quand les trois boules, A, B, C, se touchent: Car, par la Conséquence de la précédente, la boule C étant frappée, sa partie contiguë à la boule B, ira en arriére au commencement du choc; & par conséquent elle s'en separera & ne lui sera plus contiguë, & le même effet s'ensuivra que si elle n'eût pas touché la boule B, à l'instant du choc; c'est à dire qu'elle prendra la vitesse de la boule D, & la donnera en suite à la boule B, & celle-ci à la boule A, par les mêmes raisons: & quand il y en auroit davantage, elles prendront de suite la vitesse de la boule D, & il n'y aura que la derniére qui s'avancera avec cette vitesse, toutes les autres demeurant en repos; ce qu'on trouvera conforme à l'expérience, si l'on suspend de suite deux ou trois boules d'ivoire égales, en sorte qu'elles se touchent précisément, & qu'on fasse choquer la premiére directement par une autre boule d'ivoire de même poids, par le moyen de la machine de la premiére Proposition.

TAB. II. Fig. 18. On fera la preuve de même, à l'égard des boules E, F, & *a*, *b*, *c*, *d*. Car si elles étoient un peu séparées l'une de l'autre, lorsque la boule E choque la boule *d*; la boule *d* prendroit la vitesse de la boule E, & la donneroit à la boule *c*, & ainsi de suite jusques à la boule *a*, par la seiziéme Proposition. Mais la boule F, qui suivoit la boule E, avec la même vitesse, la rencontre en repos après avoir été arrêtée par la boule *d*, & par conséquent elle lui donnera sa vitesse, celle-ci à la suivante *c*, & ainsi de suite jusques à la boule *b*, qui prendra à son tour la même vitesse, avec laquelle elle suivra la boule *a*. Or si les deux boules E & F se touchent avant le choc, & les quatre autres aussi; les mêmes effets doivent arriver, parce qu'au commencement du choc la boule

le E se sépare un peu de la boule F, & fait séparer la boule *d* de la boule *c*, par la Conséquence de la précédente, & ainsi de suite; & par les mêmes raisons ci-dessus, les deux seules boules *a* & *b* s'avanceront ensemble, avec la vitesse des deux E & F qui demeureront en repos, aussi bien que les deux autres *c* & *d*; & s'il y en a trois qui choquent, les trois derniéres seules s'avanceront, & ainsi à l'infini. Nous avons donc fait voir les causes de ces effets, selon qu'il avoit été proposé. On fera facilement l'expérience de tous ces effets avec des dames de tric-trac, en les faisant glisser sur une table bien unie; car on verra qu'il y en aura toujours autant qui s'avanceront, qu'on en aura poussées ensemble avec la main, contre une autre, ou contre plusieurs.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

SECONDE PARTIE.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION I.

SI l'on fait choquer dans un bateau se mouvant d'une vitesse uniforme, des boules d'ivoire ou d'autre matiére à ressort ferme, par le moyen de la machine décrite en la premiére Proposition de la premiére Partie, TAB. I. Fig. 3. les mêmes effets paroitront à ceux qui seront dans le bateau, que si le bateau étoit immobile; c'est à dire, que si l'on fait choquer deux boules égales avec des vitesses égales, apparentes, elles paroitront se reculer avec les mêmes vitesses qu'elles avoient avant le choc: & dans les autres maniéres différentes de choquer, soit que les boules soient égales ou inégales, les effets

paroitront conformes à ceux qui ont été prouvez dans la premiére Partie.

TAB. II. Fig. 19. Soient donc deux boules égales A & B, ſe mouvant avec le mouvement d'un bateau, ſelon les lignes A E, B F, paralelles entre elles, & qu'on faſſe choquer B contre A directement, avec la viteſſe B A ſuppoſée uniforme, le bateau ſe mouvant ſelon la viteſſe A E, ou B F qui lui eſt égale ; il eſt évident par la ſeconde Propoſition de la premiére partie, que la boule B ira par la ligne B E, puiſque ſon mouvement eſt compoſé du mouvement B F ſelon la ligne B F, & du mouvement B A ſelon la ligne B A : mais B après le choc en E paroitra s'arrêter, & A paroitra s'avancer avec la viteſſe E H égale à B A, ſelon la ligne F E H ; & parce que le bateau les emporte toujours avec la même viteſſe, la boule A ſera en G, lorſque la boule B ſera en C, ſi E C eſt égale à A E, & C G à E H, & la boule A ſera avancée après le choc, par la diagonale E G avec la même viteſſe uniforme, qu'avoit la boule B avant le choc par la diagonale B E. Il eſt donc évident que la boule B ne perd rien de ſon mouvement de B en F ; ce qui procéde de ce que les mouvemens parallelles A E, B F, ne ſont point oppoſez, & par conſéquent ne ſe retardent pas l'un l'autre : mais qu'elle perd celui de B en A, parce qu'en ce ſens elle rencontre la boule A directement; ce qui fait que la boule A après le choc doit aller avec une viteſſe compoſée du mouvement de E en H, & de celui de E en C : d'où il s'enſuit que ſi le bateau étant en repos, on pouſſe la boule B ſelon la ligne B E avec la viteſſe B E, & la boule A ſelon la ligne A E avec la viteſſe A E ; la boule A après le choc en E ira ſelon la ligne E G, avec la viteſſe E G, (faiſant abſtraction du mouvement de peſanteur vers la terre) puiſque les viteſſes & les directions des boules ſeront les mêmes devant le choc, qu'elles étoient dans l'hypothéſe premiére du mouvement du bateau ; & par conſéquent les effets doivent être les mêmes. Puis donc qu'en cette derniére hypothéſe, la boule A ſe meut comme elle feroit ſi elle avoit receu les deux mouvemens de E en H & de E en C en même tems ; & que le mouvement de la boule B en E avant le choc eſt le même que s'il avoit été produit par un mouvement de B en F & de B en A, & qu'après le choc elle va du ſeul mouvement de B en F, ou de E en C, qui eſt le même que celui de A en E avant le choc : On peut conclure qu'en tout choc de boules à reſſort qui ſe choquent obliquement, comme A & B au point E, ſelon les directions & les viteſſes des lignes A E, B E ; on trouvera la direction & la viteſſe de chaque boule après le choc en tirant la ligne E H parallelle & égale à A B, & la ligne H G parallelle & égale à A E, ſi les boules ſont égales : car E G ſera la viteſſe & la direction de la boule A après le choc, & E C étant ſuppoſée égale & parallelle à B F, ſera la viteſſe & la direction de la boule B après le choc. Il paroît auſſi que la viteſſe reſpective avec laquelle ces boules ſe ſépareront, ſera égale à cel-

celle avec laquelle elles s'étoient rencontrées en E; puisque C G est égale à B A.

Soient maintenant les deux boules A & B molles & sans ressort se rencontrant obliquement en C, avec les vitesses égales A C, B C, la distance de ces boules avant leur mouvement étant A B divisée également en D; je dis que si on continuë directement D C en C E & que C E soit égale à D C, la ligne C E sera la vitesse & la direction des deux boules jointes ensemble après le choc. Car soient tirées les lignes A K G, B H I, égales & parallelles à D E, & K C H parallelle & égale à A B: il est manifeste que les mouvements de ces boules ne sont point contraires selon les parallelles A K, B H, mais seulement selon les lignes A D, B D, ou K C, H C: & si on les poussoit directement l'une contre l'autre dans un bateau avec les vitesses A D, B D, elles s'avanceroient selon les lignes A C, B C, à cause du mouvement du bateau, s'il s'avançoit pendant le même tems de D en C: & si elles étoient demeurées immobiles en apparence, elles seroient allées selon les lignes A K, B H, égales & parallelles à D C; mais après le choc elles continueroient à aller ensemble avec la même vitesse du bateau selon la direction & la vitesse C E; & par ce qui a été dit ci-dessus, si on les fait choquer hors du bateau selon les lignes A C, B C, & qu'elles s'attachent ensemble, elles continuëront leur mouvement selon la direction D C E avec la vitesse C E. TAB. IV. Fig. 44.

Que s'il y avoit une boule au point C, immobile & égale en poids aux deux ensemble A & B, les trois boules jointes iroient avec la vitesse C M moitié de C E, conformément à la Proposition 10^e^. La même chose arrivera si les deux boules se rencontrent plus ou moins obliquement, la distance des boules avant le choc étant toujours A D B; car la ligne D C, qui sera plus grande ou moindre quand le choc sera plus ou moins oblique, sera toujours la mesure de la vitesse des deux boules après le choc.

Il est encore évident par ce qui a été dit dans cette Proposition, que si ces boules A & B ont ressort, & que A C soit continuée directement en I, & B C en G, A K G & B H I étant parallelles & égales à D C E; C G sera la direction & la vitesse de la boule A, & C I celle de la boule B, après qu'elles se seront rencontrées en C avec les vitesses A C, B C.

On fait abstraction, dans cette Proposition & dans les trois suivantes, de l'épaisseur des boules, & on les considére comme si elles étoient réduites à leur centre de pesanteur, pour faciliter l'intelligence des démonstrations.

PROPOSITION II.

SOient deux boules à ressort, inégales, A & B, & que la plus pesante A, rencontrant B directement, lui donne la vitesse B E, & conserve la TAB. II. Fig. 20.

viteſſe B C, par les régles de la premiére Partie : je dis que ſi elles ſe choquent obliquement en D, avec les viteſſes propres A D, B D, en ſorte qu'au moment de leur choc, leurs centres ſoient dans la ligne L D G perpendiculaire à B D, & que D F ſoit égale & parallelle à B C, & F I parallelle & égale à B D; D I ſera la viteſſe & la direction de la boule A après le choc : & D G étant égale & parallelle à B E, & G H à B D; la ligne D H ſera la viteſſe & la direction de la boule B après le choc. Car il eſt évident que le mouvement de la boule A, par la ligne A D, eſt de même que s'il étoit compoſé des mouvements par A B, & par A L parallelle & égale à B D. Or le mouvement par A L n'étant point oppoſé au mouvement de la boule B, par B D, les deux boules ne ſouffrent rien l'une de l'autre par ces mouvements, & les doivent toujours conſerver. Mais à l'égard du mouvement par A B, les boules doivent s'avancer, ſavoir A par D F égale à B C, & B par D G égale à B E : d'où il s'enſuit que la boule A après le choc, ira par un mouvement compoſé des deux mouvements D F ou B C, & F I ou A L, & que la ligne D I ſera ſa viteſſe & ſa direction; & que la boule B, par les mêmes raiſons, aura la ligne D H pour ſa viteſſe & ſa direction, ce mouvement étant compoſé de D G égale à B E, & de G H égale à B D : il s'enſuit auſſi que la viteſſe reſpective des deux boules ſera toujours la même, puiſque H I eſt égale à A B.

Mais ſi A B C D eſt un rectangle, que la boule A ſoit triple de la boule B, & que C D étant diviſée également en E, & A B en G, A & B ſe rencontrent en E avec les viteſſes égales A E, B E; ces viteſſes & ces directions ſeront les mêmes que ſi elles étoient compoſées des viteſſes A G, A D, & B G, B C, dont les unes, ſavoir les viteſſes & les directions A D, B C, ne ſont point oppoſées & doivent demeurer en chaque boule après le choc. Mais d'autant que, par ce qui a été dit dans la premiére Partie, ſi A & B ſe choquoient en G ſans avoir d'autres mouvements, A demeureroit en repos en G, & B reculeroit avec la viteſſe G F, double de B G; ſi C H eſt parallelle & égale à B F, & H I égale & parellelle à B C, E I après le choc ſera la viteſſe & la direction de la boule B, & E L étant égale & parallelle à A D, E L ſera la direction & la viteſſe de le boule A après le choc. On trouvera par de ſemblables raiſonnemens fondez ſur les Propoſitions précédentes, les viteſſes & les directions après le choc des autres boules qui ſe choquent obliquement, ſoit que les viteſſes ſoient égales ou inégales, ou que l'une ſoit en repos.

TAB. II. Fig. 21.

PROPOSITION III.

TAB. II. Fig. 22.

Soient A & B deux boules égales, & que A choque B en repos ſelon la ligne A *a*, & ſoient joints les centres des boules par la ligne D *a* F, laquelle étant ſuffiſamment prolongée, ſoit abbaiſſée ſur elle la per-

perpendiculaire A D; puis soit tirée A G parallelle & égale à D *a*; on tirera aussi G*a*, qu'on prolongera en H, jusques à ce que *a* H soit égale à G *a*. Il se voit par ce qui a été dit ci-dessus, que le mouvement par A *a* est comme s'il étoit composé des mouvemens par A D & par A G, l'un desquels, savoir A D ou G*a*, n'est point opposé à la boule B, mais bien A G ou D *a*. Donc après le choc la boule B prendra toute la vitesse A G, sélon la ligne D B F parallelle à A G, & B F égale à A G sera la vitesse & la direction de la boule B par la Proposition seiziéme de la premiére Partie. Mais la boule A conservera la vitesse A D ou *a* H selon la direction de la ligne *a* H parallelle à A D. On trouvera de même, lorsqu'une boule à ressort en choque obliquement une autre égale en repos, la vitesse & la direction de chaque boule après le choc, quelle que soit l'obliquité du choc.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit que ces boules en se séparant ont toujours la même vitesse respective, & que leurs lignes de direction, comme *a* H, *a* F, comprennent toujours un angle droit; puisque les triangles F *a* H, A D *a* sont semblables & égaux. Il est vrai que, si la boule A choque en roulant la boule B, l'angle F *a* H ne sera pas droit: car la boule A conservera son mouvement circulaire, comme il a été dit dans la Proposition seiziéme de la premiére Partie; ce qui lui donnera un mouvement composé de ce mouvement circulaire de A vers F, & du mouvement par *a* H, & la fera aller par une autre ligne comme *a* M, faisant un angle aigu avec la ligne *a* F; & si les boules n'ont pas un ressort parfait l'angle sera encore plus aigu.

Que si la boule B est plus pesante que la boule A, il faudra se servir des régles de la premiére Partie. Par exemple, si B est trois fois plus pesante, elle ne s'avancera que jusques en I, si B I est égale à I F. & si H L est égale à *a* I, & parallelle à D *a*, *a* L sera la vitesse & la direction de la boule A après le choc, son mouvement étant alors composé du mouvement par *a* H ou A D, & de celui par H L égale à *a* C moitié de D *a*, puisque si elle choquoit directement la boule B, avec la vitesse D *a*, elle reculeroit avec une vitesse égale à la moitié de D*a*. Il paroît aussi qu'en ce dernier cas la vitesse respective devant & après le choc sera la même; puisque F I étant égale & parallelle à H L, la distance des boules en I & L, sera égale à leur distance en F & H, c'est à dire en A & *a*: & les tems par A*a*, *a* H, H L, B F, B I, seront aussi égaux, les vitesses étant supposées uniformes, selon la premiére supposition.

On trouvera par de semblables raisonnemens les directions & les vitesses des autres boules après leur choc, en telles raisons qu'elles soient l'une à l'autre, & quelles que soient leurs vitesses propres, & l'obliquité de leur choc.

PROPOSITION IV.

LE centre commun de pesanteur de deux boules qui sont poussées pour se choquer avec des vitesses uniformes, se meut toujours selon la même direction & avec la même vitesse devant & après le choc : Et si ce centre demeure en repos dans le mouvement qui précéde le choc, il demeurera aussi en repos après le choc.

TAB. I. Fig. 7. Supposons premiérement que les boules A & B soient sans ressort, & qu'elles se rencontrent directement au point C avec les vitesses A C, B C, réciproques à leurs poids; il est évident que C est leur centre commun de pesanteur, & que ce centre demeurera en repos pendant le mouvement des deux boules; & parce qu'elles s'arrêtent l'une l'autre en ce point, par la 6^{e}. Proposition de la premiére Partie, ce centre demeurera aussi en repos après le choc. Que si elles se rencontrent en un autre point, comme D, ce centre qui étoit au point C, se sera avancé avec la vitesse C D: Mais par la treiziéme Proposition de la premiére Partie, les deux boules iront ensemble après le choc, avec la vitesse D E égale à C D: Donc ce centre commun ira encore avec la même vitesse de même part, & selon la même direction. On prouvera la même chose par les mêmes raisons, en quelque endroit de la ligne A B qu'on prenne ce point D, soit entre les points A & B, soit en l'un ou l'autre de ces points, soit au delà, comme en H ou I, cette ligne étant prolongée.

Que si les boules sont à ressort, & qu'elles se rencontrent directement au point C, avec les vitesses A C, B C, réciproques à leurs poids; elles retourneront en arriére avec les mêmes vitesses, par la Proposition 15^{e}. de la premiére Partie; & par conséquent leur centre commun de pesanteur demeurera en repos devant & après le choc.

TAB. I. Fig. 7. Soit maintenant D, le point où elles se rencontrent directement avec les vitesses A D, B D. Or si elles étoient sans ressort, elles s'avanceroient ensemble avec la vitesse commune D E, égale à C D, par la Proposition 13^{e}. de la 1^{e}. Partie. Mais le ressort donne à la boule A, la vitesse A C en arriére, & à la boule B, la vitesse C B de même part, indépendamment du mouvement simple D E, par la seconde Conséquence de la Proposition quinziéme; & par conséquent la même chose doit arriver, que si ces boules étant au point E, elles se séparoient avec ces vitesses. Mais le point E seroit alors leur centre commun de pesanteur, parce que ces vitesses sont reciproques aux poids des boules, & D E est égale à C D, & le tems par D E est égal au tems par C D. Donc ce centre ira avec la même vitesse & selon la même direction devant & après le choc.

On employera la même preuve en quelque autre endroit qu'on prenne le point *d*. Car s'il est entre C & B, ou au point B, ou au delà, comme en H; la vitesse de la boule B après le choc sera toujours égale à la somme des vitesses C *d*, B C; & celle de la boule A sera égale

à

à la différence des viteſſes A C, C *d*, par la dix-neuviéme Propoſition: & parce qu'elles doivent s'éloigner l'une de l'autre d'une diſtance égale à A B par le mouvement de reſſort, en un tems égal à celui qu'elles employent à ſe rencontrer au point *d*, par la quinziéme Propoſition de la premiére Partie; il s'enſuit qu'à la fin de ce tems, la boule A ſera éloignée du point *e*, d'une diſtance égale à A C, & la boule B, d'une diſtance égale à B C; & par conſéquent le point *e* ſera alors leur centre commun de peſanteur, & ce centre ſera allé auſſi vîte après le choc qu'avant le choc, puiſque *d* G eſt toujours égale à C D, quelque grandeur qu'ait la ligne C D, par la treiziéme Propoſition de la premiére Partie. La même choſe arrivera, ſi le point D eſt entre A & C, ou au point A, ou au delà dans la même ligne A B prolongée.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soit la boule A du poids de 3 onces, & la boule B du poids d'une once, & que la boule A ſe mouvant ſeule, choque la boule B avec une viteſſe uniforme de quatre degrez. Or après le choc la boule A ira avec une viteſſe de deux degrez, & la boule B avec une viteſſe de ſix degrez par les régles de la premiére Partie. Il eſt donc manifeſte que ſi leur diſtance avant le choc eſt de quatre piés, leur centre commun de peſanteur décrira une ligne de trois piés avant le choc: & parce que dans un tems égal à celui qui a précédé le choc, la boule A s'avance de deux piés après le choc, & qu'alors ce centre commun eſt à un pié au delà, à cauſe que la boule B eſt alors éloignée de la boule A, d'une diſtance de quatre piés; il s'enſuit que ce centre eſt allé avec la même viteſſe devant & après le choc.

Suppoſons maintenant que le choc des boules ſoit oblique, & que la boule A choque la boule B en repos avec la viteſſe A *b*. Or ſi les boules ſont égales, le point C ſera le centre commun de peſanteur des deux boules avant le choc, ſi A C eſt égale à C *b*. Suppoſons auſſi que D *b* E ſoit la ligne qui joint les centres des boules à l'inſtant du choc, que A D ſoit perpendiculaire à E D, D *b* égale à *b* E, & *b* F égale & parallelle à D A; & ayant diviſé E F également en G, ſoit tirée *b* G. D'autant que, par la Propoſition précédente, *b* E eſt la viteſſe, & la direction de la boule B après le choc, & *b* F celle de la boule A; ces boules ſeront allées en F & E, dans un tems égal à celui où s'eſt fait le mouvement de A en *b*: & parce que les triangles A *b* D, E *b* F ſont ſemblables & égaux, ſi C H & G I ſont perpendiculaires à E D, le triangle E G I ſera égal & ſemblable au triangle H *b* C, & le triangle G I *b* égal & ſemblable au triangle H *b* C; donc les angles, G *b* I, H *b* C ſeront égaux, & par conſéquent C *b* G ſera une ligne droite. Mais le point G eſt le centre commun de peſanteur des deux boules, lors qu'elles ſont en E & F, & *b* G eſt égale à C *b*. Donc le cen-

TAB. III. Fig. 26.

centre C se sera mû après le choc par la ligne *b* G, égale à la ligne C *b*, par laquelle il s'étoit mû avant le choc, & ces deux lignes sont parties d'une même ligne droite ; & par conséquent la vitesse de ce centre sera égale devant & après le choc, & sa direction sera la même.

On tirera la même conséquence, si la boule A est plus pesante que la boule B, & on en fera la preuve en cette sorte.

TAB. III. Fig. 27. Soit A la plus pesante, & la ligne A *b* étant divisée au point C en raison réciproque des poids des boules, soit D *b* E, la ligne qui joint les centres des boules à l'instant du choc, sur laquelle soit abaissée la perpendiculaire C H ; & ayant pris *b* I égale à H *b*, I L égale à H D, & I E à H *b*, on fera L F égale & parallelle à A D, & on tirera I G perpendiculaire sur E D rencontrant E F en G. D'autant que, par les Propositions précédentes, le mouvement A *b* est composé des deux A D, D *b* ; & que par le mouvement D *b*, la boule A après le choc se seroit avancée en L, & la boule *b* en E, dans un tems égal au tems par D *b*, & I seroit leur centre commun de pesanteur ; & que L F étant égale & parallelle à A D, *b* F seroit la vitesse & la direction de la boule A par le mouvement composé de *b* L, & L F : les deux boules seront à la fin du même tems aux points E & F. Or le triangle F E L est égal & semblable au triangle A *b* D, & le triangle I E G au triangle H *b* C ; & par conséquent le point G sera le centre commun de pesanteur des deux boules étant en F & E, & I G sera égale à H C, G *b* à *b* C, & l'angle G *b* I à l'angle C *b* H. Donc C *b* G sera une ligne droite : & le centre C s'étant mû par C *b* avant le choc, & après le choc par *b* G, en un tems égal ; il s'ensuit que sa vitesse & sa direction aura été la même devant & après le choc. On prouvera la même chose par de semblables raisonnements, si la boule A est moins pesante que la boule B.

TAB. II. Fig. 21. Soient encore les deux boules inégales A & B, se rencontrant avec des vitesses égales au point E. D'autant que, par la seconde Proposition de la seconde Partie, L I est égale à A B, & que dans un tems égal à celui des mouvements par A E & B E, les deux boules se sont avancées du point E, en L & en I, & que le point M est le centre commun de pesanteur des deux boules avant leur mouvement, le poids A étant triple du poids B, & la ligne B M triple de M A ; M E sera la direction & la vitesse de ce centre avant le choc. Or si P L est le quart de la ligne L I, P sera le centre commun de pesanteur des deux boules étant en L & I ; & si l'on tire E P, les deux triangles M E G, P E L, seront égaux & semblables, & par conséquent M E P sera une ligne droite, & E P sera égale à M E. Donc ce centre commun se sera avancé après le choc avec la même vitesse & la même direction, qu'avant le choc. On pourra faire voir la même chose dans tous les autres cas par de semblables raisonnements, lorsque deux boules sans ressort se choquent directement, ou que deux boules à ressort se choquent directement ou obliquement.

PRO-

PROPOSITION V.

A B F représente une ligne d'une surface de verre ou d'autre matiére facile à être brisée, & C est une petite boule qui étant poussée perpendiculairement en D, contre A B, avec la vitesse C D, ne romproit point cette surface; mais étant poussée un plus fort elle la romproit. Je dis que si C E est égale & parallelle à B D, & qu'en même tems que l'on pousse la boule C vers D, avec la même vitesse C D, on la pousse aussi vers E avec la vitesse C E, en sorte qu'elle aille par la diagonale C B, avec la vitesse C B; elle ne rompra point la surface de verre, & que si elle est poussée un peu plus fort, elle la rompra. Car, par ce qui a été dit ci-dessus, la boule C ne choque A B que par la force de la vitesse respective C D, ou E B, qui lui est égale, la vitesse C E ne lui étant point opposée; & par conséquent elle fait le même effort précisément, que lors qu'elle la choque en D, avec la seule vitesse C D: D'où il suit que, si la boule C est poussée par la ligne C B avec la vitesse C B, elle ne rompra point la surface représentée par A F, puisqu'elle n'aura que la même force pour cét effet qu'elle avoit étant poussée par les deux mouvements C E, C D, laquelle force est à la force qu'elle auroit si elle rencontroit directement la surface A B avec la vitesse C B, comme la ligne C D est à la ligne C B. TAB. II. Fig. 23.

DEUXIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION VI.

A B C D est un vaisseau Cylindrique d'un pié de hauteur & d'un pié ou deux de diamétre de base ayant en son fond un tuyau recourbé E F I de trois ou quatre pouces de largeur: C E D K I G est une ligne horisontale. Il est manifeste par l'expérience, que si on applique un petit tuyau I N L de six lignes de largeur au dessus du tuyau recourbé, & qu'on verse de l'eau dans le vaisseau A B C D, qu'elle coulera dans le tuyau E F I, & qu'elle le remplira entiérement, avant que de s'élever au dessus du fond C E D; c'est à dire, qu'elle se mettra de part & d'autre à la hauteur E I, & qu'à mesure qu'on versera d'avantage d'eau, elle se mettra toujours de niveau dans le vaisseau & dans le petit tuyau: comme si H M N est une ligne horisontale, la surface de l'eau sera en M dans le vaisseau quand elle sera en N dans le tuyau, & qu'enfin le vaisseau étant rempli jusques à la ligne horisontale Q R, le petit tuyau sera rempli jusques à S, si ce point est dans la même ligne Q R continuée. TAB. IV*. Fig 48.

 L'ex-

L'expérience fera voir aussi, que si le seul tuyau E F G étant plein d'eau on ferme avec le pouce l'extrémité L du petit tuyau, & qu'on achéve d'emplir le vaisseau jusques à la hauteur Q R; le petit tuyau ne s'emplira pas d'eau, à cause que l'air qui ne pourra sortir l'empêchera d'y monter : mais, si on léve le pouce tout à coup, l'eau montant assez vîte dans ce tuyau passera au delà du point S, ce qui procéde de ce que l'eau allant à son niveau, ne peut monter dans le tuyau ni descendre dans le vaisseau sans mouvement, & qu'elle doit le continuer par la premiére supposition; de maniére que si on suppose que son niveau doive être en la ligne ponctuée V V, elle descendra plus bas que cette ligne dans le vaisseau & montera plus haut dans le tuyau, & en suite elle descendra plus bas que le même niveau dans le tuyau & montera plus haut dans le vaisseau, & enfin après quelques autres balancemens elle s'arrêtera enfin de part & d'autre en la ligne V V.

L'expérience fera encore voir, que si on ôte le petit tuyau, laissant seulement une ouverture de six lignes au point I, & qu'après avoir fermé avec le pouce cette ouverture, le tuyau recourbé étant plein d'eau, on achéve d'emplir le vaisseau jusques à la hauteur A B, & qu'on léve en suite le pouce; l'eau sortira de l'ouverture I avec une vitesse suffisante pour s'élever à la hauteur de la ligne A B. Mais parce qu'elle est un peu retardée par la résistance de l'air, & par le frottement contre les bords de l'ouverture, il en manquera environ une demi ligne; que si le vaisseau a deux piés de hauteur, il en manquera environ deux lignes, parce que le jét aura plus d'air à traverser : d'où il sera aisé de juger, que sans cette résistance de l'air, & les autres empêchemens, l'eau monteroit aussi haut que la surface de l'eau du vaisseau, & qu'elle a, à la sortie de l'ouverture, une vitesse suffisante pour s'y élever, si elle n'étoit pas retardée.

CONSÉQUENCE.

Il suit de cette Proposition, que si la surface de l'eau est à différentes hauteurs dans le vaisseau, les vitesses de l'eau jaillissante par l'ouverture I au premier moment de sa sortie seront l'une à l'autre en raison sous-doublée des hauteurs de la surface supérieure de l'eau. Car, par la seconde supposition, les hauteurs où s'élévent les corps poussez perpendiculairement de bas en haut par des vitesses différentes, sont entre elles en raison sous-doublée des hauteurs où les corps s'élévent: & parceque les jèts d'eau ont tous une vitesse suffisante pour s'élever à la hauteur de la surface de l'eau du vaisseau ou réservoir, faisant abstraction de la résistance de l'air; il s'ensuit que ces vitesses sont entre elles en raison sous-doublée des différentes hauteurs de l'eau qui est dans le réservoir.

PRO-

PROPOSITION VII.

ABCD eſt un Cylindre creux, dont les deux baſes AD, BC, ſont de bois, & le reſte de cuir ſoutenu & étendu par pluſieurs cerceaux de bois ou de fil de fer, comme FE, HI, LM, en ſorte qu'on puiſſe faire abaiſſer la baſe AD, fort près de la baſe BC, ſuppoſée inébranlable : N eſt un tuyau ajuſté à la baſe BC, par où l'air enfermé dans le Cylindre peut ſortir : ce Cylindre eſt chargé d'un poids P, ſur la ſurface AB ; & l'on ajuſte au deſſous de ce Cylindre une balance comme celle de la figure vingt-cinquiéme, en ſorte que la régle AB étant ſituée horiſontalement, ſon extrémité B ſoit fort près du tuyau N, & directement au deſſous. TAB. III. Fig. 28.

Cela étant, je dis que ſi on met un poids G ſur l'autre côté de la balance, dont l'eſſieu CD eſt ſuppoſé tourner facilement ſur les pivôts C & D ; & que l'air que le poids P deſcendant fait ſortir avec violence par le tuyau N, choquant l'extrémité de la balance vers B, faſſe équilibre avec le poids G, ſuppoſé également diſtant de l'eſſieu CD : ce poids ſera au poids P, en même raiſon que la ſurface de l'ouverture du tuyau N, eſt à la ſurface entiére de la baſe BC. Car, ſi par le moyen d'un ſoufflet dont le tuyau ſoit égal au tuyau N, on pouſſe de l'air contre l'ouverture N, avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait ſortir ; il ſe fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne deſcendra point, parce qu'il ne ſortira point d'air par l'ouverture du tuyau N : & alors l'air pouſſé par le ſoufflet rempliſſant cette ouverture ſoutiendra ſa part du poids P, comme les autres parties de la baſe BC ſoutiennent le reſte de ce poids ; & la partie que l'air pouſſé ſoutiendra, ſera au poids entier P, dans la proportion de l'ouverture N, à la largeur entiére de la baſe BC. Donc réciproquement l'air ſortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le ſoufflet, fera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P, comme l'ouverture N eſt à la baſe BC.

Que ſi le Cylindre eſt chargé ſucceſſivement de divers poids, pour faire deſcendre plus ou moins vîte la ſurface AD ; l'air qui ſortira par l'ouverture N, fera équilibre, par ſon choc, avec des poids qui ſeront l'un à l'autre en même raiſon que les poids qui chargent ſucceſſivement la baſe AD. La raiſon eſt, que la proportion du grand poids au petit eſt toujours la même que celle de la baſe BC à l'ouverture N. Donc les petits poids ſeront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de ſuite ſur le Cylindre.

Le même effet arrivera ſi ABCD eſt un vaiſſeau Cylindrique plein d'eau, ouvert par le haut. Car l'eau qui jaillira par l'ouverture N choquant le même bras de la balance, fera équilibre avec un poids qui ſera au poids de toute l'eau du vaiſſeau, comme l'ouverture N eſt à toute la TAB. III. Fig. 28.

baſe B C ; & on le prouvera par les mêmes raiſons. Et d'autant que cette ouverture eſt à la baſe B C, comme tout le Cylindre d'eau eſt au Cylindre de même hauteur, qui a pour baſe l'ouverture N ; il s'enſuit que le poids qui fera équilibre avec le jét d'eau ſortant par l'ouverture N, ſera égal au poids de ce petit Cylindre d'eau.

Et quand même le vaiſſeau ſeroit plus ou moins large, pourvû que ſon diamétre fût cinq ou ſix fois plus grand que celui de l'ouverture N, le poids ſoutenu par le jét ſeroit toujours le même ; car il y auroit toujours même raiſon de l'ouverture N à la baſe B C, que du poids du petit Cylindre d'eau, au poids de toute l'eau du vaiſſeau.

Que ſi les hauteurs de l'eau dans le vaiſſeau étoient différentes, ſa largeur & celle de l'ouverture demeurant toujours les mêmes, les poids ſoutenus par les jèts ſeroient entre eux en la raiſon de ces hauteurs différentes, puis que ces poids ſeroient égaux aux poids des petits Cylindres d'eau dont l'ouverture N ſeroit la baſe, & que ces petits Cylindres d'eau ayant même baſe, ſeroient entre eux comme les hauteurs différentes de la ſurface ſupérieure de l'eau.

Il eſt encore évident, que, ſi les ouvertures au point N étoient inégales, les jèts qui ſortiroient par ces différentes ouvertures ſoutiendroient des poids qui feroient l'un à l'autre en raiſon doublée des diamétres de ces ouvertures. Car les Cylindres qui ont même hauteur étant entre eux comme leurs baſes, & leurs baſes étant entre elles en raiſon doublée de leurs diamétres ; les poids des petits Cylindres d'eau, & par conſéquent les poids ſoutenus par ces jèts différens, ſeroient entre eux en raiſon doublée des diamétres des ouvertures : & parce que ces jèts, par la Propoſition précédente, ont à leur ſortie la même viteſſe, il s'enſuit que les jèts de même viteſſe & de différentes ouvertures ſoutiennent des poids qui ſont entre eux en raiſon doublée des diamétres des ouvertures.

Or ſi on ferme le tuyau N, de la petite machine A B C D, & qu'on en ouvre un autre de même largeur tout auprès de la baſe A D, comme au point G ; l'air en ſortira avec la même viteſſe que par le tuyau N, ſi la baſe ſupérieure eſt chargée par le même poids P, & fera équilibre avec le même poids par ſon choc. Que ſi l'on emplit d'eau la même machine, le jét qui ſe fera par l'ouverture G, par l'effort du poids P, fera le même effet que l'air ; c'eſt à dire, qu'il fera équilibre par ſon choc, avec un poids qui ſera au poids P, comme l'ouverture G à toute la baſe B C, parce qu'alors le poids de l'eau ne contribuëra rien à la force du jét, puis qu'elle eſt toute au deſſous ; & que ſi un jét d'eau de même largeur & de même viteſſe choquoit celui qui ſort par l'ouverture G, il l'arrêteroit, & feroit équilibre avec lui, & ſoutiendroit une partie du poids P, ſelon la proportion de l'ouverture G, à la ſurface de toute la baſe B C. D'où il s'enſuit un paradoxe aſſez ſurprenant ; ſavoir, que l'air & l'eau qui ſortent ſucceſſivement par la même ouverture G, quelque poids qu'on mette ſur la baſe A D, élévent les mê-

mêmes poids par leur choc, quoi que l'eau ſoit d'une matiére beaucoup plus peſante & plus denſe que celle de l'air : mais il arrive auſſi en récompenſe, que l'air ſort beaucoup plus vîte que l'eau ; car on a trouvé par pluſieurs expériences, que ſi l'air qui eſt dans la machine, ſe vuide en l'eſpace de deux ſecondes, l'eau ne ſe vuidera qu'en quarante-ſix ou quarante-huit à peu près. D'où l'on doit conclure, qu'afin que l'air faſſe le même effet par ſon choc, que de l'eau de pareille largeur ; il faut que ſa viteſſe ſoit environ 23 fois ou 24 fois plus grande que celle de l'eau. Il s'enſuit auſſi que ſi l'on ajuſte un tuyau aſſez long à l'ouverture G ou N, lorſque le poids P ſera deſcendu ; & que ce tuyau ait trois lignes de diamétre d'ouverture ; un homme ſoufflant dedans fera élever ce poids quand il ſeroit de 500 livres, ſi les baſes A D, B C, ont deux piés de diamétre. Car on peut élever aſſez facilement le poids d'une once mis au bout d'une balance, en ſoufflant par un tuyau de verre de 3 lignes de diamétre contre l'autre bout de la balance à pareille diſtance. Mais l'ouverture de 3 lignes du petit tuyau N, eſt à la baſe B C de deux piés de diamétre, comme 9 quarré de 3, à 82944 quarré de 288, qui eſt le nombre des lignes qui ſont contenuës en deux piés ; & 9 eſt à 82944, comme une once à 576 livres. Donc l'air ſortant par l'ouverture N de trois lignes de diamétre, feroit équilibre avec le poids d'une once, ſi le poids P étoit de 576 livres ; & réciproquement l'air qu'on pouſſeroit par un tuyau de trois lignes de largeur dans l'ouverture N, avec une force ſuffiſante pour faire équilibre avec une once dans l'air libre, ſoutiendroit ce poids de 576 livres ; & par conſéquent il éléveroit un poids de plus de 500 livres. D'où l'on peut conclure, que ſi on augmente la baſe de la machine, ou qu'on diminuë l'ouverture du tuyau par lequel on ſouffle dans la machine ; on élévera encore un plus grand poids : & qu'enfin on peut tellement augmenter cette baſe, & diminuër cette ouverture de tuyau ; qu'on pourra élever tel poids qu'on voudra, poſé ſur la baſe A D.

TAB. III. Fig. 25.

On peut ſe ſervir des régles de la Percuſſion, expliquées dans les Propoſitions précédentes, pour rendre raiſon de pluſieurs effets naturels. Nous prendrons pour exemple les effets du Tonnerre.

Il faut premiérement ſuppoſer que la matiére du Tonnerre eſt une eſpéce de bitume compoſé du mélange de pluſieurs particules ou exhalaiſons ſubtiles de ſouphre, de ſalpétre, de ſels volatiles, &c. dont l'air eſt tout rempli ; ce qui ſe reconnoit par l'odeur de ſoufre, qu'il laiſſe dans les lieux où il tombe, & par ſon mouvement prompt, comme celui du ſalpétre & du ſel qu'on jette dans le feu.

Cette matiére peut s'enflamer par pluſieurs cauſes ; comme par le choc de la grêle, dont les nuées élevées ſont ordinairement pleines ; ou par le choc d'une autre matiére ſemblable, lorſqu'elles ſont pouſſées l'une contre l'autre, par les tourbillons des vents ; ou enfin par les mêmes cauſes qui produiſent une très-grande chaleur dans une pierre

de chaux, lorſqu'on verſe un peu d'eau deſſus : ce qu'on peut juger, parce qu'il ne ſe fait point de tonnerre ou très-rarement, que dans les nuées qui commencent à ſe réſoudre en pluie, ou dont il tombe de la pluie; car quoiqu'on voye quelquefois des éclairs pendant un beau tems, cela procéde de quelque nuée qui eſt au bord de l'horiſon, laquelle on ne voit pas, & dont l'éloignement empêche qu'on n'entende le bruit du tonnerre.

Il faut encore conſidérer ce qui arrive au ſalpétre, à la poix, à la ſuië, & à de certaines gommes, quand on les jette dans le feu; ſavoir, que ces corps, & particuliérement le ſalpétre, pouſſent de tems en tems des flâmes ſoudaines par divers endroits.

Suppoſant donc que la matiére du tonnerre ſoit allumée; il eſt évident qu'elle doit jetter des flâmes avec un mouvement très-prompt & très-rapide par les dilatations ſoudaines des eſprits nitreux, &c; & que, comme il a été dit dans l'Avertiſſement de la Propoſition quinziéme de la premiére Partie, ces flâmes choquant l'air avec impétuoſité, doivent donner un mouvement très-prompt à la matiére enflammée, vers le côté oppoſé, plus ou moins vîte, ſelon que ces éruptions de flâmes ſeront plus ou moins violentes; & que ce mouvement doit en partie ſe faire en tournant comme un tourbillon, parce qu'il arrive rarement que le centre de peſanteur de la matiére, ſoit dans la ligne de direction de la flamme; ce qui fait que choquant l'air obliquement, elle donne un mouvement en rond à cette matiére, comme il a été dit dans l'Avertiſſement de la Propoſition quinziéme, d'un Cylindre plein d'eau ſuſpendu, lorſqu'il en ſort un jét d'eau oblique; & une autre éruption de flâme, ſe faiſant preſque au même inſtant que la premiére, en un autre endroit de la matiére, ſon mouvement doit changer de direction: d'où vient que le tonnerre fait pluſieurs infléxions, & a un mouvement ondoyant, tel que les Peintres le repréſentent; & que l'éclair ne paroît pas ordinairement comme une lumiére uniforme & continuë, mais comme trois ou quatre petits éclairs, qui brillent aux yeux coup ſur coup; ce qui fait voir manifeſtement ces trois ou quatre éruptions de flamme; & c'eſt auſſi d'où procéde le craquétement du Tonnerre, à cauſe que chaque éruption fait ſon bruit à part.

Ces choſes étant ſuppoſées, & que la matiére du tonnerre aille auſſi vîte ou plus vîte qu'un boulet de canon; (ceux qui ont veu jetter des bombes de nuit, ſavent que leur mouvement qui ſe remarque par la fuſée allumée, n'eſt pas à beaucoup près ſi vîte que la matiére enflamée du tonnerre qu'on voit quelquefois ſortir des nuées,) il eſt néceſſaire que cette matiére pouſſe devant ſoi & entraine après ſoi beaucoup d'air qui va très-vîte.

Si le Tonnerre rencontre le coin d'une Tour de pierre de taille, il peut facilement en arracher & emporter une pierre ou deux, & ébranler en même tems le reſte de la Tour, & par ce moyen la faire tomber toute en-

entiére, ou en partie, quand même sa matiére bitumineuse ne péseroit que deux ou trois livres; car elle doit donner à la pierre qu'elle choque, une plus grande quantité de mouvement que celle qu'elle a, par la vingt-sixiéme Proposition de la premiére Partie. Or il n'est pas fort difficile au Tonnerre de pousser hors de sa place une pierre, qui est au dessous de plusieurs autres: On en voit l'expérience en petit, lorsqu'on met plusieurs dames de tric-trac les unes sur les autres, & qu'on en pousse une autre en glissant contre celle du dessous; car elle la chasse fort loin, & avec autant de vitesse à peu près, que si elle n'avoit pas été chargée par le poids des autres.

Le Tonnerre rencontrant un arbre, donne par son mouvement en rond, & par le tourbillon de l'air qui l'environne, un semblable mouvement aux branches de l'arbre, & fait un même effet que si l'on prenoit deux branches opposées, par le moyen de quelque machine, pour faire tourner en rond la tige de l'arbre. Or si la racine tient ferme & ne se rompt point, il faut que la tige de l'arbre se fende en deux ou trois endroits, dans toute sa longueur; de la même sorte que si on tord une petite branche d'arbre avec les deux mains, elle se fend en toute sa longueur à peu près. Quelques branches de l'arbre qui servent de levier pour faire tordre la tige, se rompent; & si les racines ne sont pas assez fortes, elles se rompent aussi, & l'arbre se renverse; mais en ce cas, la tige pourra n'être point fenduë en longueur. On a vû une piéce de bois comme un mât de navire, plantée en terre, se fendre du haut en bas en deux endroits, par un coup de tonnerre, quoi qu'elle eût quarante piés de hauteur.

Si le tonnerre tombe dans un lieu fermé, comme une chambre ou une Eglise, on y voit plusieurs effets différents; des vitres cassées en plusieurs endroits, des pierres brisées, des bois rompus, ou un peu brûlez & noircis, & quelquefois deux ou trois fentes, par où l'on croit qu'il soit sorti: & l'on s'étonne ordinairement, comment tant d'effets différents se peuvent faire en tant de différents endroits en si peu de tems. Mais cela procéde de ce que la matiére du tonnerre, qui n'est pas d'une consistence fort dure, se brise en trois ou quatre parties, par la rencontre d'un corps dur: on la voit même quelquefois se séparer en deux, par la seule résistance de l'air. Or chaque partie ayant en soi un principe de mouvement, par une éruption de nouvelles flammes; chaque parcelle fait ses effets à part, & l'on a vû quelquefois trois ou quatre petites flammes séparées voltiger par une chambre où le tonnerre étoit tombé.

Le tonnerre fond les métaux & les autres matiéres fusibles. Ces effets procédent de l'ardeur de sa flâmme & de la vitesse de son mouvement. Ceux qui ont vû travailler en émail ont pû remarquer que le vent d'un soufflet passant par le milieu de la flamme d'une lampe, en pousse une partie comme un petit dard qui fond facilement le verre &

les

les métaux qu'on y expoſe ; & les ſoufflets n'allument le feu ſi promptement, que parce qu'ils donnent beaucoup de mouvement à la flamme. Il ne faut donc pas s'étonner ſi le feu du tonnerre allant beaucoup plus vîte que le vent d'un ſoufflet, & étant extrémement ardent, peut fondre en un clin d'œil, l'étain, l'argent & les autres métaux qu'il rencontre. Il peut auſſi briſer & mettre en poudre une lame d'acier par la vertu de ſon ſoufre, dont la flamme pénétre facilement les métaux : Les Chymiſtes en font voir l'expérience, lorſqu'ils mettent un morceau de ſoufre contre de l'acier rougi au feu pour le réduire en poudre.

Le bruit du tonnerre vient de la viteſſe de ſon mouvement, dont il choque l'air par la dilatation ſoudaine des eſprits nitreux dont il eſt plein; ce qu'on peut croire facilement, puis qu'on imite à peu près ce bruit par un peu de poudre d'or impregnée des eſprits de quelques ſels, qui eſt ce qu'on appelle de l'or fulminant: on l'imite auſſi avec une compoſition de ſalpêtre, de ſoufre, & de ſel de tartre; car les ſels ont un eſprit, qui ſentant la chaleur ſe dilate tout à coup & choque l'air avec une grande force, ce qui fait le bruit.

On pourra expliquer de même pluſieurs autres effets du tonnerre. On peut appliquer auſſi les mêmes régles de la Percuſſion à d'autres effets naturels moins conſidérables, comme en l'expérience ſuivante.

On emplit d'eau un tuyau de verre d'environ deux piés de hauteur; on met au deſſus une petite figure d'émail pleine d'air, lequel peut ſortir & rentrer par un petit trou, dont elle eſt percée obliquement; & lors qu'on preſſe avec le pouce le deſſus du tuyau, la petite figure deſcend, à cauſe qu'on preſſe l'air dont elle eſt pleine, & qu'il y entre de l'eau par le petit trou, qui la rend plus peſante; mais ſi on léve le pouce tout à coup, la petite figure fait deux ou trois tours avant que de remonter, dont peu de perſonnes peuvent deviner la cauſe, qui n'eſt autre choſe ſinon que l'air n'étant plus preſſé, s'étend tout à coup & fait ſortir un petit jét d'eau ou d'air par le petit trou; & ce petit jét choquant l'eau du vaiſſeau, s'appuie contre elle pour repouſſer la figure en arriére; mais parce que le choc eſt oblique, il lui donne un mouvement en rond, qui la fait pirouëtter.

PROPOSITION VIII.

La force du choc horiſontal eſt infinie; c'eſt à dire, que ſi un corps très-petit en choque directément un autre très-peſant en repos, par un mouvement horiſontal, ſi lent qu'il puiſſe être, il le mettra en mouvement.

Soit une boule très-peſante poſée ſur un plan horiſontal parfaitement uni, ou ſuſpenduë en repos à une longue corde: je dis que ſi elle eſt choquée horiſontalement par un très-petit corps avec une très-petite viteſſe, elle ſera ébranlée. Car, par la 1^e^. Conſéquence de la Propoſition dixié-

dixiéme, le mouvement qui n'a point de contraire ne se perd point. Donc ce grand poids s'avancera avec le petit, s'il n'a point de ressort; & si les deux corps sont à ressort, le plus grand prendra une quantité de mouvement presque double de celle du petit corps, par la Proposition vingt-sixiéme.

Que si l'on objecte qu'un corps suspendu s'éléve lorsqu'il sort de son repos; on répond que son mouvement commence par la tangente horisontale, & n'a aucune inclinaison en son premier départ du repos: du moins l'angle de son inclinaison sera moindre qu'aucun angle qu'on puisse proposer; & par conséquent il ne doit pas être considéré.

Que si l'on dit que la résistance de l'air empêche le mouvement: on répond qu'on peut prendre l'air qui environne le poids, comme joint au poids même, & ne faisant qu'un seul poids; & par conséquent il ne l'empêchera pas d'être mis en mouvement, puisqu'on suppose ce corps de telle pesanteur qu'on voudra. Aussi voit-on par l'expérience, qu'un corps fort pesant suspendu à une corde est toujours en mouvement, s'il fait un peu de vent au lieu où il est.

On voit aussi par l'expérience, qu'un corps très-pesant soutenu par une eau calme en un lieu où il ne fait point de vent, peut être mis en mouvement, en le tirant doucement selon le niveau de l'eau avec un très-petit fil de soië, sans que le fil se rompe; ce qui procéde de ce que ce corps n'agit aucunement par son poids pour rompre ce fil, puisqu'étant tiré horisontalement, il demeure toujours à même distance du centre de pesanteur de la terre: mais on ne pourra lui donner au commencement qu'une très-petite vitesse, conformément à la Proposition cinquiéme de la premiére Partie.

PROPOSITION IX.

Les corps fluides ne choquent pas les corps durs qu'ils rencontrent, par la quantité de mouvement de tout leur corps.

Soit A B un jét d'eau poussé selon la ligne de direction A B; je dis que ce jét d'eau ne fera pas impression en son premier choc sur un corps qu'il rencontrera, par tout son corps A B: car l'eau étant comme composée d'une infinité de très-petits corpuscules semblables à de très-petits grains de sable, il n'y a que les premiers qui font le premier effort sur le corps qu'ils rencontrent; au lieu que si A B étoit un corps ferme, il choqueroit par la quantité de mouvement de tout son corps. TAB. III. Fig. 29.

Cette Proposition se prouve par l'expérience en cette sorte.

Ayez une balance comme la régle A B, tournant par le moyen de l'essieu C D, comme celle de la figure vingt-cinquiéme: emplissez d'eau un tuyau de verre ou de cuivre, comme F G, ouvert par les deux bouts, & d'égale largeur par tout, de six ou sept piés de hau- TAB. III. Fig. 30.

 teur;

teur; mettez le doigt ſous l'ouverture G, pour empêcher l'eau de couler, & le tenez au deſſus de l'un des bouts de la régle, comme on le voit en la figure; & mettez à l'autre bout le poids E, moindre d'un tiers que le poids de l'eau du tuyau; laiſſez couler l'eau du tuyau tout à coup ſur le bout de la balance, & vous verrez qu'elle n'élévera pas le poids qui eſt à l'autre bout au commencement de ſa chûte, mais ſeulement à la fin; au lieu qu'un Cylindre de bois, de pareil poids que l'eau du tuyau, tombant de la même hauteur, élévera au commencement de ſon choc, un poids plus grand que ſon propre poids: d'où il s'enſuit qu'il n'y a que les premiéres parties de l'eau qui faſſent le premier effort dans le choc d'un jét d'eau.

PREMIÉRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition, que les jèts d'eau, ou de quelque autre corps fluide, d'égale largeur & de viteſſes inégales ſoutiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes inégales. Car d'autant que l'eau & l'air & les autres corps fluides peuvent être conſidérez comme compoſez de petites parcelles imperceptibles, dont il n'y a que les premiéres qui au premier choc faſſent effort pour ſoutenir ou pour élever un poids; il doit arriver que lorſqu'elles vont deux fois plus vîte, il y en a deux fois autant qui choquent en même tems; & par cette raiſon, un jét qui va deux fois plus vîte qu'un autre, doit faire deux fois autant d'effort par la ſeule quantité des petites parcelles qui choquent; & parce qu'elles vont deux fois plus vîte, elles font encore deux fois autant d'effort par leur mouvement; & par conſéquent ces deux efforts joints enſemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut encore démontrer cette Conſéquence par la Propoſition ſeptiéme de la ſeconde Partie, & par la Conſéquence de la 6ᵉ. Car, puiſque, par cette Propoſition ſeptiéme, les jèts qui jailliſſent au bas d'un réſervoir, dans lequel l'eau eſt ſucceſſivement à différentes hauteurs, font équilibre par leur choc avec des poids qui ſont égaux aux poids des petits Cylindres d'eau qui ont pour baſe l'ouverture par où ſortent les jèts, & pour hauteur, la hauteur de l'eau depuis cette ouverture; & que, par la Conſéquence de la ſixiéme Propoſition, les viteſſes des jèts ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des différentes hauteurs de l'eau qui eſt dans les réſervoirs: il s'enſuit que ces viteſſes ſeront entre elles en raiſon ſous-doublée des poids que les jèts ſoutiennent; ou, ce qui eſt la même choſe, que les poids ſoutenus ſeront l'un à l'autre en raiſon doublée des viteſſes des jèts d'égale largeur.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il ſuit encore de cette Propoſition neuviéme, ce qui a été démontré dans la ſeptiéme; ſavoir, que les jèts d'eau de même viteſſe & de largeurs inégales ſoutiennent des poids qui ſont entre eux en raiſon doublée des diamétres de ces largeurs. Car, ſuppoſé que le diamétre de l'un fût double de celui de l'autre, ſa baſe ſeroit quadruple de l'autre baſe; & par conſéquent il y auroit quatre fois autant de petites parcelles qui choqueroient en même tems, leſquelles allant avec la même viteſſe que les petites parcelles du moindre jét feroient un effet quadruple.

Que ſi les ouvertures par où ſortent les jèts ont d'autres figures, les poids qu'ils ſoutiendront, ſeront entre eux comme les ſurfaces de ces ouvertures. Il ſuit enfin de toutes ces preuves, que ſi deux jèts d'eau ou d'air, différens, ont les diamétres de leurs ouvertures rondes, réciproques à leurs viteſſes, ils ſoutiendront des poids égaux par leur choc; & que ſi des corps fluides de différentes denſitez ont les largeurs & les viteſſes de leurs jèts égales, les poids qu'ils ſoutiendront par leur choc feront inégaux, & feront l'un à l'autre en raiſon de ces denſitez.

PROPOSITION X.

LEs corps fluides en mouvement, comme le vent ou une eau coulante, accélérent le premier mouvement qu'ils ont donné à un corps ferme par leur premier choc.

Soit un corps A B, flottant ſur une eau non courante, choqué par un grand vent, commençant tout à coup & continuant long-temps; il eſt évident par la Propoſition précédente, que le premier choc du vent, c'eſt à dire de l'air émû, n'agit que par ſes premiéres particules, qui ayant peu de denſité ne donneront qu'une très-petite partie de leur viteſſe au corps A B: mais, par la ſeconde Propoſition de la premiére Partie, le vent rencontrant en ſuite le même corps qui eſt déja en mouvement de même part, le fera aller plus vîte après le ſecond choc, que s'il eût été en repos; & par la même raiſon, la ſuite des autres particules de l'air le choquant toujours de nouveau, & le rencontrant en plus grand mouvement, l'augmenteront encore; & enfin il ira preſque auſſi vîte que le vent même, ſi la réſiſtance de l'eau ne l'en empêche. La même choſe arrivera à un corps peſant ſuſpendu, ſoit qu'il ſoit choqué par un jét d'eau ou par le vent: car, par les deux Propoſitions précédentes, les premiéres particules du jét lui donneront du mouvement, & la continuation du choc par de nouvelles particules, augmentera ſa viteſſe par les raiſons ci-deſſus. TAB. III. Fig. 31.

Que ſi l'on demande, par quels degrez ſe fait l'accélération du mou-

vement d'un vaiſſeau ſur la mer : on peut répondre qu'au commencement de ſa courſe, il reçoit par le choc du vent en des tems égaux, de nouveaux degrez égaux de viteſſe, & que les eſpaces qu'il parcourt en des tems égaux, comme de deux ou trois ſecondes, ſont entre eux comme les quarrez des tems à peu près, ſi le vent ſouffle toujours d'une même force ; ce qu'on l'on prouvera en cette ſorte.

Suppoſons que le vaiſſeau péſe 100000 livres, & que les premiéres particules de l'air qui choque les voiles & le vaiſſeau péſent une livre. Or ſi l'on exprime les degrez de la viteſſe de ces premiéres particules de l'air, par 100001 nombre de ces poids ; & qu'on ſuppoſe, pour l'intelligence de la démonſtration, que le vent ſouffle par repriſes coup ſur coup : il eſt évident par la ſeconde Conſéquence de la dixiéme Propoſition de la premiére Partie, que le vaiſſeau recevra un degré de viteſſe par le premier choc, & que ſa quantité de mouvement ſera 100000, & qu'au ſecond choc il prendra une viteſſe de deux degrez par la Propoſition onziéme de la premiére Partie ; car la ſomme des quantitez de mouvement du vaiſſeau, & des particules de l'air qui agiſſent dans le ſecond choc, ſera de 200001 de même part, & ce nombre étant diviſé par 100001 ſomme des poids, donnera pour quotient $\frac{200001}{100001}$, nombre égal à deux, moins $\frac{1}{100001}$; mais pour la facilité du calcul, on prendra deux préciſément pour ce quotient. On prouvera de même, par la même Propoſition onziéme, qu'au troiſiéme choc, la viteſſe du vaiſſeau ſera de trois degrez, au quatriéme de quatre degrez, & ainſi de ſuite. Or ſi chaque nouveau choc ſe fait dans l'intervalle d'une tierce, qui eſt $\frac{1}{60}$ d'une ſeconde, & que par le premier choc le vaiſſeau ſe ſoit avancé d'un pouce par une viteſſe uniforme : il s'avancera de deux pouces au ſecond choc ; de trois, au troiſiéme, &c. & enfin au 100^{e}. de 100 pouces ; & la ſomme de tous ces pouces ſera 5050, ou 421 piés moins deux pouces : mais au 200^{e}. choc, le vaiſſeau prendra une viteſſe de deux cens degrez, & s'avancera de 200 pouces, ſa viteſſe étant ſuppoſée uniforme ; & la ſomme de tous les pouces parcourus en 200 tierces, ſera 20100 pouces, ou 1675 piés, nombre quadruple à peu près de 421 piés. Et quoique le ſouffle du vent ſoit continu, & non à repriſes, l'accélération ne laiſſera pas de ſe faire à peu près de même, à cauſe que l'écoulement du tems eſt auſſi continu ; juſques à ce que le vaiſſeau ayant acquis une grande viteſſe, la réſiſtance de l'eau commence à diminuer notablement cette progreſſion. Le choc des rames doit faire à peu près un ſemblable effet ſur les Galéres en un tems calme : mais leur augmentation de degrez égaux de viteſſe en des tems égaux, ne dure pas long-tems ; parce que l'air & l'eau font plus de réſiſtance, à meſure que la viteſſe s'augmente, & qu'enfin la Galére acquiert une certaine viteſſe qu'elle n'augmente plus, puiſque ſa plus grande viteſſe doit être moindre que celle du mouvement des rames.

LEMME.

PROPOSITION XI.

UN corps qui tombe dans l'air libre, commence à tomber avec une vitesse déterminée, & qui n'est pas infiniment petite; c'est à dire, qu'elle est telle, qu'il y en peut avoir de moindres, en différents degrez.

Car il est impossible qu'un mouvement soit sans une vitesse déterminée, & entre le mouvement & le repos, il n'y a point de milieu: donc si tôt qu'il est en mouvement, il a une certaine vitesse.

Que si le mouvement vers le centre est causé par le choc de quelque matiére subtile & invisible, ou par un principe de mouvement qu'ont les corps sublunaires les uns vers les autres, ou par quelques autres causes; cét agent naturel, quel qu'il soit, a une action déterminée: donc son effet sera aussi déterminé, c'est à dire, la premiére vitesse imprimée au corps qui tombe; de même que lorsque du fer est posé sur un corps flottant sur l'eau, & qu'il se meut vers une pierre d'aimant, le commencement de son mouvement a une vitesse certaine & déterminée, plus grande ou moindre selon la distance d'où il commence à se mouvoir; & cette vitesse s'accélére jusques à ce qu'il touche l'aimant: Et deux vaisseaux sur mer étant agitez & poussez l'un par un vent foible, & l'autre par un vent violent; ce dernier fera beaucoup plus de chemin que l'autre en un même tems; ce qui n'arriveroit pas, si les commencemens de leurs mouvemens n'étoient différens l'un de l'autre; car leur mouvement s'accélére, par la Proposition précédente, & les accélérations sont proportionnées aux premiéres vitesses, si l'on fait abstraction de la résistance de l'eau. D'ailleurs, les corps qui tombent perpendiculairement accélérent aussi leur mouvement, & ceux qui tombent par un plan incliné parcourent un moindre espace en même tems. Donc, comme il est dit des vaisseaux sur mer, les commencemens de leurs mouvemens sont plus vîtes en l'un qu'en l'autre; & puis qu'il y a du plus & du moins, la vitesse n'est pas infiniment petite en celui qui commence à tomber perpendiculairement. On peut encore considérer une balance dont l'un des bras soit 10 fois plus grand que l'autre: car si l'on met sur l'extrémité du petit bras un poids de dix livres, & sur l'autre extrémité un poids d'une livre & une once, ce dernier descendra un peu moins vîte que s'il étoit libre; mais le poids de dix livres s'élévera avec une vitesse dix fois moindre: d'où il s'ensuit que le commencement de celle du petit poids n'étoit pas de la derniére lenteur, & qu'il peut y avoir des vitesses encore moindres à l'infini, puisqu'on peut augmenter la proportion des bras de la balance à l'infini.

On démontre auſſi cette Propoſition en cette ſorte.

TAB. III. Fig. 32. Soit A B une corde à laquelle ſoit ſuſpendu le poids C d'une livre, choqué par un jét d'eau D E, s'élevant perpendiculairement & ſortant par un trou quarré d'un demi pouce de largeur, par l'effort du poids de l'eau qu'on ſuppoſe être dans le réſervoir à la hauteur de deux piés au deſſus du trou. Or ſi le premier mouvement du corps C tombant, étoit infiniment petit ; d'autant que la raiſon du poids C, au poids des premiéres particules de l'eau qui le choquent, n'eſt pas infiniment grande, & que la raiſon de la viteſſe du jét d'eau à celle du poids lors qu'il commence à tomber eſt infinie par l'hypothéſe, ſi l'on coupe la corde de ſuſpenſion, le poids ne pourra tomber, par la Propoſition ſixiéme de la premiére Partie : Car la quantité de mouvement des premiéres particules du jét d'eau ſera plus grande que celle du poids lors qu'il commence à tomber, & par conſéquent le poids s'élévera, par la Propoſition douziéme de la premiére Partie : Mais, par la onziéme, le jét d'eau le rencontrant en mouvement, lui donnera une plus grande viteſſe, & par ce moyen ſa viteſſe ſera accélerée, & il s'élévera enfin à une hauteur ſenſible, par la Propoſition précédente ; ce qui répugne à l'expérience : car un tel poids choqué par un tel jét d'eau, ne s'élévera point ; mais il vaincra la force du jét lors qu'on coupera la corde, & il tombera, puiſque, par la Propoſition 7e. de la 2e. Partie, ce jét d'eau ne pourroit ſoutenir 4 onces. Donc la quantité de mouvement de ce poids d'une livre, ſera plus grande que celle de l'eau qui le choque, par la même Propoſition ; & par conſéquent ſa premiére viteſſe n'eſt pas infiniment petite, mais elle eſt telle, que lors qu'elle ſera à la viteſſe d'un autre jét d'eau plus large ou plus vîte, réciproquement, comme le poids des premiéres particules qui choquent eſt à ſon poids, il y aura équilibre ; & alors, ſi peu qu'on augmente le jét en largeur ou en viteſſe, il élévera ce poids à une hauteur conſidérable à cauſe de l'accélération. Que ſi l'on dit qu'un corps ſuſpendu & en repos n'a point de viteſſe par laquelle on puiſſe multiplier ſon poids, & par conſéquent qu'il n'a point de quantité de mouvement : On répond, qu'il faut conſidérer la premiére viteſſe ſelon laquelle il doit commencer à deſcendre, comme s'il l'avoit déja effectivement ; de même que ſi l'on met un petit morceau de fer ſur quelque corps leger flottant ſur l'eau, & qu'on en approche une bonne pierre d'aimant à cinq ou ſix pouces près, ce corps commencera à ſe mouvoir vers l'aimant avec une plus grande viteſſe, que lors qu'on l'en tient éloigné de deux ou trois piés : & en ce dernier cas, il faudra un jét d'eau d'une moindre quantité de mouvement pour l'empêcher de ſe mouvoir vers l'aimant, qu'au premier ; & par conſéquent, on doit conſidérer ce fer en ces deux cas, comme ayant deux quantitez de mouvement différentes, ſavoir les produits de ſon poids par les deux différentes viteſſes avec leſquelles il commence à ſe mouvoir vers l'aimant.

La même chose arrivera si l'on met un grand poids sur un ballon enflé. Car ce poids descendra & pressera l'air du balon, qui par son ressort élévera derechef le poids en haut, lequel retombera en suite, & enfin il se fera équilibre entre le poids & le ressort de l'air; ce qui arrivera lors que le ressort de l'air du ballon aura précisément la force de repousser ce poids horisontalement avec la même premiére vitesse que ce poids auroit dans le commencement de sa chûte, si le balon étoit ôté.

On pourroit même déterminer une vitesse assez considérable, comme de passer un espace de deux lignes en une seconde par un mouvement uniforme, & montrer que cette vitesse est moindre que celle que prennent les corps pesants au commencement de leur chûte. Voici comme on peut résoudre ce problême.

On a trouvé par plusieurs expériences qu'une grosse goute d'eau faisoit 12 piés à fort peu près en une seconde, en tombant par l'air libre. Or suivant la doctrine de *Galilée*, elle acquiert une telle vitesse au bas de cette chûte, quelle parcourroit vingt-quatre piés à peu près pendant le même tems d'une seconde, si elle conservoit cette vitesse acquise sans l'augmenter ni diminuer. Mais, par la Proposition sixiéme de la deuxiéme Partie, un jét d'eau qui jaillit au bas d'un réservoir de douze piés, a une vitesse suffisante pour s'élever à cette hauteur; &, selon *Galilée*, cette vitesse est la même que celle que la goute d'eau acquiert au bas de cette chûte de douze piés. Mais, par la Proposition septiéme, ce jét peut soutenir par son choc un poids d'un Cylindre d'eau de douze piés de hauteur, qui auroit sa base égale à l'ouverture du jét: d'où il s'ensuit que, si cette ouverture étoit d'un pouce de diamétre, ce jét feroit équilibre avec un poids de 72 onces, puisque chaque colomne d'un pié de hauteur & d'un pouce de diamétre de base pése à peu près six onces. Mais, par la sixiéme Proposition de la premiére Partie, quand les poids en se choquant font équilibre, leurs vitesses sont réciproques à leurs poids. Puis donc que ce jét peut soutenir 72 onces, il faut que sa vitesse soit à la premiére vitesse que prendroit ce poids en tombant, réciproquement comme ce poids est au poids des premiéres particules du jét qui agissent: car par la 9^e. Proposition de la seconde Partie, il n'y a que les premiéres particules des jèts jusques à une certaine épaisseur qui agissent. Mais parce que ces premiéres particules n'agissent pas également (les unes glissant le long des autres, quand elles n'ont pas les mêmes lignes de direction) si on suppose que cette épaisseur s'étend seulement jusques à six ou sept lignes, & que toutes les particules qui sont dans cét espace agissant inégalement, ne font pas plus d'effort que feroient celles qui seroient dans l'épaisseur de deux lignes, si elles agissoient toutes de toute leur force, comme un solide de glace qui auroit un pouce de largeur & deux lignes de hauteur; on trouvera que le poids de 72 onces sera au poids de ce petit Cylindre d'eau de deux lignes

gnes de hauteur & d'un pouce de largeur, comme la viteſſe du jét au commencement de ſa ſortie, eſt à la premiére viteſſe qu'auroit ce poids de 72 onces en tombant. Or le poids de ce petit Cylindre n'eſt que de $\frac{2}{3}$ de gros, c'eſt á dire $\frac{1}{12}$ d'une once. Donc, ſi on fait que, comme 72 eſt à $\frac{1}{12}$ ou comme 864 à 1, ainſi une viteſſe à faire 24 piés en une ſeconde, ſoit à une autre viteſſe; ce quatriéme proportionnel ſera quatre lignes en une ſeconde, qui eſt une plus grande viteſſe que les deux lignes qu'on a propoſées.

Que ſi l'on dit qu'il faut prendre moins de deux lignes d'épaiſſeur pour l'équivalent des particules d'eau qui agiſſent inégalement, pour faire équilibre par leur choc aux 72 onces; on pourra reduire cette épaiſſeur à une ligne & demi, & alors la premiére viteſſe des corps qui tombent, ſera reduite à pouvoir faire trois lignes en une ſeconde par un mouvement uniforme, laquelle ſera encore plus grande que celle de faire deux lignes en une ſeconde, qu'on a ſuppoſé être celle avec laquelle les corps peſants commencent leur chûte.

On pourroit encore, pour reſoudre ce Problême, ſe ſervir de ces petits Cylindres ou Canons de verre ſolide d'une ligne ou deux d'épaiſſeur, dont les Emailleurs ſe ſervent; ce qu'on fera en la maniére ſuivante. Mettez ſur un marbre bien uni ſitué horiſontalement, un de ces petits canons longs de 2 pouces & épais de 2 lignes; chargez le d'un fer ou d'un autre corps dur & poli, & y ajoutez des poids juſqu'à ce que le verre puiſſe être écraſé. Laiſſez tomber en ſuite d'une médiocre hauteur ſur un pareil bout de verre poſé de même ſur le même marbre, un poids de fer ou de cuivre plat & uni en ſa ſurface inférieure, ſitué horiſontalement, & augmentez ce poids juſqu'à ce qu'il écraſe le verre. Or ſi, par exemple, il faloit 400 livres de poids pour écraſer le petit Cylindre, & que laiſſant tomber de 7 pouces un poids de deux livres 2 onces, il s'en écraſât un ſemblable; on feroit cette Analogie, comme 400 eſt à deux livres $\frac{1}{8}$, ainſi une viteſſe à parcourir 830 lignes en une ſeconde, (qui eſt la viteſſe qu'acquiert à peu près, un poids de 2 livres 2 onces de fer, d'une hauteur de ſept pouces) eſt à quatre lignes & un peu plus: d'où vous pourrez juger que la premiére viteſſe d'un poids de 400 livres, qui commence à tomber dans un air calme, eſt telle qu'il pourroit faire quatre lignes en une ſeconde, s'il continuoit à ſe mouvoir uniformément ſelon cette premiére viteſſe. On a fait cette expérience & pluſieurs autres ſemblables, leſquelles ont donné à connoître cette premiére viteſſe de pouvoir faire à peu près quatre lignes en une ſeconde.

AVERTISSEMENT.

GAlilée *a fait quelques raiſonnemens aſſez vrai-ſemblables pour prouver qu'au premier moment qu'un poids commence à tomber, ſa viteſſe eſt plus pe-*

petite qu'aucune qu'on puisse déterminer : Mais ces raisonnemens sont fondez sur les divisions à l'infini, tant des vitesses que des espaces passez, & des tems des chûtes; qui sont des raisonnemens très-suspects, comme celui que les anciens faisoient pour prouver qu'Achille ne pourroit jamais attraper une tortuë, auquel raisonnement il est difficile de répondre & d'en donner la solution; mais on en démontre la fausseté par l'expérienee, & par d'autres raisonnemens plus faciles à concevoir. Ainsi l'on objectera à Galilée *les raisonnemens ci-dessus, qui sont faciles à concevoir, particuliérement celui de la balance, & qui sont beaucoup plus clairs que les siens, qu'il a fondez sur les divisions à l'infini, qui sont inconcevables, & sur de certaines régles de l'accélération de la vitesse des corps, qui sont douteuses: car on ne peut savoir, si le corps tombant ne passe pas un petit espace, sans accélérer son premier mouvement, à cause qu'il faut du tems pour produire la plupart des effets naturels, comme il paroît lorsqu'on fait passer du papier au travers d'une grande flamme, avec une grande vitesse, sans qu'il s'allume; & par conséquent on doit préférer les raisonnemens ci-dessus à ceux de* Galilée.

PROPOSITION XII.

SOit le poids C, suspendu à la corde A B, plus pesant que le poids F, supposé sans ressort; & que la vitesse du poids F, soit telle, que choquant le poids C, de bas en haut, il puisse l'élever. Je dis qu'il peut y avoir un jét d'eau tel que choquant le même poids C de bas en haut, il ne pourra l'élever, quoique sa vitesse soit égale à celle du poids F; mais que si ce jét d'eau choque horisontalement le même poids C, il le poussera beaucoup plus loin, que le poids F ne le poussera, le choquant horisontalement avec la même vitesse. TAB. III. Fig. 32.

Supposons que le poids C pése vingt onces, & le poids F une once, & que les premiéres particules de l'eau du jét qui agissent au premier moment du choc, pésent une demi once. Il est évident par la septiéme Proposition, que si A B est le réservoir d'eau d'où sort le jét, & qu'il soit d'une telle hauteur, & l'ouverture D, d'une telle largeur, que le Cylindre d'eau qui a pour base cette ouverture & pour hauteur A B, pése vingt onces; le jét d'eau soutiendra seulement le poids C, & ne l'élévera pas, mais le poids F, étant deux fois plus pesant que les premiéres particules du jét, l'élévera par son choc. TAB. III. Fig. 34.

Que si l'on suspend le poids F auprès du poids C, dans la machine décrite en la premiére Proposition; & que l'ayant élevé à 21 degrez, on le laisse aller contre le poids C: Il lui donnera une vitesse qui le fera aller jusques à la hauteur d'un degré, par la Conséquence de la dixiéme Proposition de la premiére Partie; au lieu que les premiéres particules de l'eau du jét, lorsqu'elles le choqueront horisontalement avec la même vitesse, ne lui donneront qu'environ ½ degré de vitesse: mais la continuation du choc par les particules d'eau suivantes, accélé- TAB. I. Fig. 3.

rant son mouvement, le fera aller à plus de trois ou quatre degrez; & même si le jét d'eau le suivoit en son mouvement pour le choquer toujours avec la même force directement, il l'éléveroit enfin plus haut que le point de suspension. Car soit le même poids C, attaché à la corde AB, & mis en diverses situations dans la circonférence B H I F de 90 degrez, aux points B, H, I, F: Il est évident que, puis que le jét le peut soutenir étant en repos au point F, il l'élévera au dessus de ce point, s'il l'a déja mis en mouvement, par la onziéme Proposition de la premiére Partie, & à plus forte raison, lorsqu'il le rencontrera à la hauteur BI, ou BH. Que si ce poids étoit soutenu par des appuis à la hauteur B I, un jét d'eau de même vitesse, dont l'ouverture seroit à celle du premier, comme la ligne horisontale I D est au rayon A I, le tiendroit en équilibre, & l'empêcheroit de tomber, si les appuis étoient ôtez; & s'il étoit appuié à la hauteur de l'arc B H de 30 degrez, il suffiroit que l'ouverture du jét fût égale à la moitié de celle du premier en surface, car le rayon A H est double du sinus H M: d'où l'on doit tirer cette Conséquence, que la premiére vitesse du corps C, tombant perpendiculairement, est double de celle avec laquelle il commence à descendre par un plan, dont l'angle d'inclinaison est de trente degrez.

TAB. III. Fig. 33.

On trouvera de même en toutes les autres inclinaisons le jét d'eau qui sera suffisant pour faire équilibre avec le poids C, ou avec quelque autre poids qu'on voudra.

Il faut remarquer que si les premiéres particules du jét ne peuvent élevér un poids, les suivantes ne doivent pas l'élever, puisqu'elles ne vont pas plus vîte, & que leur poids n'est pas plus grand que celui des premiéres.

CONSÉQUENCE.

Il suit de cette Proposition & de la septiéme de cette seconde Partie, que la force du choc de bas en haut n'est pas infinie, c'est à dire, qu'un petit corps n'élévera pas un corps quelque grand qu'il puisse être, en le choquant de bas en haut; puisque plusieurs petites particules d'eau, choquant ensemble un corps de médiocre pesanteur, ne peuvent l'élever: mais si le poids suspendu est une grosse boule à ressort, & qu'une petite boule aussi à ressort, le choquant de bas en haut, ne puisse l'élévér tout entier; elle ne laissera pas d'élever un peu la partie choquée, & même la partie opposée au choc par le frémissement du ressort.

PROPOSITION XIII.

SI deux poids ayant une égale quantité de mouvement, tombent sur une balance, de part & d'autre du centre de mouvement, en des points également

ment distants de ce centre, ils feront équilibre au moment du choc; & si les points où ils choquent la balance, sont inégalement distants du centre de mouvement, ils ne feront pas équilibre; mais si leurs quantitez de mouvement sont en raison réciproque des distances inégales, ils feront équilibre au moment du choc.

Ayez une balance comme A B, tournant sur l'essieu C D; mettez deux poids égaux sur cette balance aux points E & L, également distants du centre de mouvement I: ces poids feront équilibre par les régles de la Méchanique. Otez l'un des poids qui étoit au point L, & par le moyen d'un vaisseau Cylindrique fort large, plein d'eau, comme A B en la trente-quatriéme figure, faites tomber sur le même point L, un jét d'eau qui fasse équilibre avec le poids en E, comme il a été enseigné en la septiéme Proposition de la seconde Partie; & au lieu du poids qui est au point E, faites y tomber un autre jét d'eau égal au premier: il est évident que ces jèts d'eau feront équilibre entre eux, & qu'y ayant autant de particules d'eau qui choquent en même tems en l'un qu'en l'autre, celles de l'un auront ensemble une quantité de mouvement égale à celles de l'autre ensemble; puisqu'on suppose qu'elles vont avec une même vitesse. Il est encore manifeste, que si deux petits corps égaux entre eux & sans ressort, sont de même poids que ces premiéres particules d'eau, & choquent la balance aux mêmes points, en même tems, avec des vitesses égales; ils feront aussi équilibre, & auront des quantitez de mouvement égales avant le choc. TAB. III. Fig. 30.

Mettez en suite les deux premiers poids en des distances inégales, comme en L & en H; le poids en L emportera le poids en H: & parce que le jét en L, faisoit équilibre avec le poids en E, & que ce poids étant en H, ne fait plus équilibre avec le poids en L, il ne fera pas non plus équilibre avec le jét en L: & par la méme raison, si le jét qui tombant en E faisoit équilibre avec le jét tombant en L, est transporté pour tomber en H, il cessera de faire équilibre avec l'autre jét; & de même à l'égard des petits corps égaux qui tomberoient en même tems avec des vitesses égales aux points L & H. Or si les premiers poids sont entre eux en raison réciproque des distances L I, H I, ils feront équilibre étant en L & H. Mais, par ce qui a été dit dans la Proposition septiéme de la seconde Partie, si M I est égale à I H, & qu'on fasse tomber au point M un jét, dont l'ouverture soit à l'ouverture d'un des premiers jèts, comme le poids nouveau mis en H, est à l'un des premiers poids mis en L, il fera équilibre avec ce poids mis en H; & s'il est transporté en H, il fera alors équilibre avec le premier poids mis en L; & si au lieu de ce poids en L, on y fait tomber un des premiers jèts, il y aura encore équilibre entre ces deux jèts inégaux, parce que chacun d'eux fait le même effort que les poids avec lesquels ils font équilibre en distances égales. Il paroît donc, qu'afin que deux corps qui tombent sur une balance deça & delà du centre de mou-

mouvement en même tems, faſſent équilibre au moment du choc, il eſt néceſſaire que les diſtances des points où ils tombent, ſoient en raiſon réciproque de leurs quantitez de mouvement; & que ſi deux corps inégaux comme A & B, attachez aux extrémitez d'une ligne inflexible A B, ſituée horiſontalement, tombent ſur la ligne C D, ſuppoſée inflexible & inébranlable, & que le point E, qu'on ſuppoſe être leur centre commun de peſanteur, rencontre la ligne C D, il ſe fera équilibre entre ces poids au moment du choc, ſuppoſé que ces poids tombent avec une viteſſe égale, ce qui eſt poſſible, comme il ſera démontré en ſuite; car il doit arriver la même choſe, que ſi la ligne A B s'appuyant par ſon point E, ſur la ligne C D, ces poids inégaux tomboient avec des viteſſes égales ſur les points A & B.

TAB. III. Fig. 36.

Il s'enſuit auſſi, que ſi un corps comme G E, dont le centre de peſanteur ſoit au point N, tombe ſelon la ligne de direction N M, perpendiculaire à l'horiſon ſur une ligne horiſontale inébranlable, il ſe fera équilibre au moment du choc; & que s'il la rencontre par un autre de ſes points, hors de cette ligne N M, il ne ſe fera pas équilibre entre les parties de ce corps.

TAB. III. Fig. 37.

Il s'enſuit encore, que ſi deux corps égaux en poids tombent en même tems avec des viteſſes inégales ſur la balance A B, ils ne feront point équilibre au moment du choc, ſi les diſtances depuis le point I, juſques aux points où ils tombent, ne ſont en raiſon réciproque de leurs quantitez de mouvement: de même, ſi un poids d'une livre tombe de cent piés de hauteur, ſur l'un des bras de cette balance, & qu'un autre poids de dix livres tombe de la hauteur d'un pié ſur l'autre bras en diſtance inégale du point I, ils ne feront point équilibre au moment du choc; parce que leurs viteſſes acquiſes par leur chûte, ſont en raiſon ſous-doublée de 100 à un, c'eſt à dire comme 10 à 1, par la premiére ſuppoſition, & par conſéquent elles ſeront réciproques à leurs poids, & leurs quantitez de mouvement ſeront égales, par la quatriéme Propoſition de la premiére Partie; & par ce qui eſt dit ci-deſſus, ces poids doivent tomber à diſtances égales du point I, pour faire équilibre au moment du choc.

TAB. III. Fig. 30.

L'on voit par ces raiſonnemens, qu'afin que deux corps étant en mouvement & tombant de part d'autre du centre d'une balance en même tems, faſſent équilibre au moment de leur choc; il faut que le nombre ſolide, produit par la multiplication du poids de l'un, par ſa viteſſe, & par la diſtance du point où il tombe juſques au centre de la balance, ſoit égal au nombre ſolide de l'autre poids multiplié de même: comme ſi un corps péſe trois onces, & choque avec une viteſſe de quatre degrez, le bras d'une balance, à cinq pouces de diſtance du centre de mouvement, ſon produit ſolide ſera 60, qu'on peut appeller ſa quantité de mouvement ſolide; & ſi un autre corps péſe deux onces, & qu'il choque la balance avec trois degrez de viteſſe à une diſtance de dix pouces du centre de

de mouvement, le produit de ces trois nombres sera encore 60, & ces deux corps feront équilibre au moment de leur choc.

A l'égard du choc oblique des jèts d'air ou d'eau, voici les régles qu'on peut suivre.

Soit K L la direction d'un jét d'air sortant de quelque soufflet ou de quelque machine comme celle de la figure 28e., & soit supposé que ce jét ait la même vitesse & la même largeur qu'un autre qui souffleroit de haut en bas par le tuyau F G sur la régle ou balance AB au point L, & qu'il y ait au point E un poids tel qu'il puisse faire équilibre avec la force du jét d'air G L: on demande quel poids il faut mettre au point E, pour faire équilibre avec la force du jét d'air oblique K L. TAB. III. Fig. 30.

Soit abaissée la perpendiculaire K N sur le plan de la régle A B; il est évident par ce qui a été dit dans la Proposition cinquiéme, que la force de ce choc sera à celle du choc direct G L, comme la ligne K L est à la ligne K N: si donc on fait que comme K L est à K N, ainsi le premier poids en E soit à un autre poids; ce dernier poids étant mis au point E fera équilibre avec la force du jét oblique K L, & si l'angle K L N est de 30 degrez, ce dernier poids sera au premier comme 1 à 2.

Soit maintenant C D un essieu Cylindrique, comme celui de la figure 25e. autour duquel puisse tourner la régle A B, située horisontalement, & traversant cet essieu à angles droits. Soit élevée perpendiculairement sur le plan de cette régle, la ligne B E: soit aussi continuée de part & d'autre en H G, la ligne *e* B *d* divisée également en B, & parallelle à l'axe du Cylindre C D: soient encore les lignes ponctuées L B I, K B M, se coupant à angles droits dans le plan des lignes E B, H B G. TAB. IV* Fig. 49.

Il est manifeste que, s'il y a un poids suspendu au point B, une puissance en E, tirant selon la direction B E, agira de toute sa force pour élever ce poids; & qu'étant au point G, & tirant selon la direction B G, elle n'agira aucunement sur lui pour l'élever, parce que la régle A B ne peut tourner en ce sens là. Mais, si on considére toutes ces lignes partant du point B, comme les rayons égaux d'une rouë dont ce point seroit le centre; on jugera aisément que la même puissance étant en M, & tirant selon la direction B M pour élever le poids mis en B, n'agira que selon la proportion de la ligne B M ou B E à la ligne B N, si M N est perpendiculaire à B N E; parce que cette puissance s'avançant de l'espace B M, ne s'avanceroit selon la direction perpendiculaire de bas en haut que de l'espace B N, au lieu que la puissance E s'avançant selon la direction B E par un espace égal à B M, parcourroit un espace égal à B M selon la même direction perpendiculaire; & afin que ces deux puissances fissent équilibre, il faudroit que celle qui seroit en M fût à celle qui seroit en E, comme B E ou B M, à B N.

La même chose arrivera à deux jèts d'air de même largeur & de même vitesse, dont l'un, savoir P O parallelle à K B M, choqueroit dire-

ctement une surface perpendiculaire B R S E, & l'autre choqueroit directement de bas en haut au point B une surface représentée par H G, qui seroit dans le même plan que la régle A B. Car, si ce dernier fait équilibre avec un poids de 2 onces mis en B, l'autre fera équilibre avec un poids d'une once mis au même point; & si un autre jét égal à P O, choquoit la même surface représentée par la ligne L B I, selon la direction perpendiculaire T O, de bas en haut, il feroit équilibre seulement avec une demi once: car la force de ce jét choquant obliquement la surface L B I, sous un angle de trente degrez, n'auroit que la moitié de la force qu'il auroit en la choquant directement selon la ligne P O; & parce qu'il ne pourroit soutenir qu'une once par ce choc direct, il n'en soutiendroit qu'une demi par le choc oblique de 30 degrez.

On en a fait l'expérience en la maniére suivante.

TAB. IV* Fig. 50. *a b* est le même bras A B de la balance de la figure 49, ayant son centre de mouvement en la ligne *e f*. On attacha à son extrémité *b* un coin, ou prisme creux, composé de trois petits aix très-minces de même longueur & largeur, savoir D G, E H, H D; le petit aix D E F G étoit sur la régle *a b* en une situation horisontale; les trois lignes F G, F H, G H étoient égales entre elles. On avoit mis à l'extrémité *a* un poids tel qu'il faisoit équilibre avec ce coin. On fit une ouverture ronde *g* d'environ neuf lignes de diamétre au dessus d'un tuyau de bois quarré situé horisontalement, qui portoit le vent d'un grand soufflet chargé d'une pierre fort pesante: le vent sortant par l'ouverture *g* alloit directement de bas en haut. On fit rencontrer vis-à-vis de cette ouverture le milieu de l'aix D E F G situé horisontalement après avoir tourné la régle avec son essieu, en sorte que la pointe H du coin étoit en haut; & le jét d'air rencontrant directement cette surface D G à quatre pouces de distance de l'ouverture *g*, fit équilibre avec un poids d'une once. Mais lorsqu'on eût remis le coin en sa premiére situation, comme on le voit en la figure; le même jét d'air choquant obliquement la surface D I F H dans son milieu à la même distance de quatre pouces de l'ouverture, il ne soutint qu'un quart d'once: car l'angle de l'obliquité du choc étant de trente degrez, il perdoit par cette cause la moitié de sa force; & cette surface étant poussée par le jét selon la direction K M de la 49^e^. figure, & non selon la direction B E qui est la direction propre de l'extrémité B de la balance, il perdoit encore une moitié de cette moitié de force. On fit en suite une autre ouverture *m* égale à la premiére, & les deux jèts d'air *g* & *m* choquant obliquement les surfaces D H, E H, firent équilibre avec une demi once;

TAB. IV* Fig. 50. mais quand ils vinrent à choquer directement la surface D E F G, après qu'on eût tourné la régle avec son essieu, ils firent équilibre à deux onces précisément.

TROI-

TROISIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XIV.

SI deux corps égaux ou inégaux attachez aux extrémitez d'une balance, tombent sur un appui, en sorte qu'au moment que la régle qui sert de balance, rencontre l'appui, il se fasse équilibre entre les deux corps; l'appui recevra plus d'impression par le choc, que si la régle le rencontroit autrement.

Ayez une balance comme A B, appuiée sur la ligne C D, (il faut prendre pour cette ligne le côté d'un Prisme triangulaire, dont l'un des plans soit posé sur une surface horisontale) mettez un poids comme F, près de l'extrémité B, soutenuë par l'appui *q*, & un autre petit Prisme triangulaire près de l'autre extrémité A, dont la ligne S R soit l'un des côtez, laquelle ligne servira d'appui à une autre régle L E I, chargée de deux poids L & M, deçà & delà du point E, qui est supposé le centre du mouvement de cette régle I L; faites que ces poids soient tellement disposez, que les deux L & M soient en équilibre, & qu'ils fassent aussi équilibre ensemble avec le poids F. Or si vous ajoutez un petit poids sur E, le poids F s'élévera; mais si vous éloignez le poids M en G, ou en P, le poids F ne s'élévera point, quoique le poids ajouté demeure, parce qu'alors le poids M ne s'appuiera pas par tout son poids sur la régle A B: & même vous verrez que si le poids M est 10 ou 12 fois plus éloigné du point E, que le poids L, qu'on suppose lui être égal; on pourra y ajouter un très-grand poids, sans qu'il puisse faire élever le poids F, ce qui procéde de ce que ce grand poids ajouté, ne fait pas tourner la régle L I, sensiblement plus vîte que le seul poids, égal au poids L; & par conséquent il ne se fait pas un effort sensiblement plus grand sur l'appui SR, pour faire élever le poids L: enfin vous verrez toujours que le plus grand effort des deux poids L & M, pour faire élever le poids F, sera lorsqu'ils feront équilibre entre eux, soit qu'ils soient égaux, & en égales distances du point E, soit qu'étant inégaux, leurs distances du point E soient en même raison réciproque. TAB. II. Fig. 24.

La même chose arrivera, si l'on se sert de deux jèts d'eau au lieu de poids: Car vous verrez que leur plus grand effort pour faire élever le poids F, sera lorsque choquant la régle L I, au deçà & au delà du point E, ils feront équilibre entre eux. D'où il s'ensuit que, si une ligne horisontale comme A B, supposée inflexible, & chargée à ses extrémitez des 2 poids inégaux A & B, dont le centre commun de pesanteur soit le point E, choque par ce point en tombant, la ligne C D; cette ligne re- TAB. III. Fig. 36.

recevra un plus grand effort par ce choc, que si elle avoit été rencontrée par un autre point comme F, pourvû que chaque poids tombe a-
TAB. III. Fig. 37. vec la même vitesse; & que si un corps comme GE, est poussé contre une boule suspenduë, son plus grand effort pour la faire mouvoir sera, lors qu'elle sera rencontrée par le point où passe la ligne N M, qui est dans la direction du centre de pesanteur de ce corps. La même chose
TAB. III. Fig. 35. arrivera, si une balance comme A B tournant horisontalement sur le pivot C D, a deux surfaces à ses extrémitez comme A & B, posées verticalement: Car si ces surfaces sont entre elles en raison réciproque des distances A C, B C; elles feront équilibre étant poussées par un même vent, & l'effort du vent pour renverser C D, sera plus grand, que si l'une ou l'autre de ces surfaces étoit plus éloignée du point C. Nous appellerons le point par lequel un corps rencontrant un autre, fait le plus grand effort, le centre de percussion de ce corps.

PROBLÉME.

PROPOSITION XV.

Etant donnée une ligne, se mouvant circulairement à l'entour d'une de ses extrémitez immobile; trouver le point qui la divise en deux parties d'égale quantité de mouvement.

Soit une ligne A B, décrivant par son mouvement à l'entour du point A, le Secteur A B C; on demande quel point divisera cette ligne
TAB. III. Fig. 38. en parties d'égales quantitez de mouvement. Que ce point soit D, qui décrit l'arc D E; & soit divisée A D en deux également au point F, & B D aussi également au point G. Or la vitesse du point D en son mouvement par l'arc D E, & celle de B, par B C, sont mesurées par les lignes A D, A B, comme aussi A F sera la mesure de la vitesse du point F, & A G, de celle du point G; car comme ces lignes sont entre elles, ainsi ces vitesses seront entre elles. Mais G étant le centre de pesanteur de D B, si elle est divisée en ses points à l'infini, toutes les distances du point A, à chacun de ces points, seront ensemble égales à la somme de la distance A G, prise autant de fois; & par conséquent si tous ces points se mouvoient selon la vitesse du point G, leurs quantitez de mouvement seroient égales ensemble à celles qu'ils ont se mouvants selon leurs vitesses particuliéres par la bande BCED, & la quantité de mouvement de la ligne D B, comme si elle se mouvoit toute entiére selon la vitesse du point G. Le même sera dit de la ligne A D; savoir, que sa quantité de mouvement sera de même que si elle se mouvoit toute entiére selon la vitesse du point F. Donc, puis que le point D est supposé diviser la ligne A B, en sor-

ſorte que les parties A D, B D, ont une égale quantité de mouvement, lors que la ligne A B ſe meut circulairement ; la quantité de mouvement de la ligne D B, en ſon mouvement par l'eſpace D B C E, ſera égale à celle de la ligne A D, décrivant le ſecteur A D E. Donc le poids de la ligne D B, ſera au poids de la ligne A D, en ce mouvement, réciproquement comme la viteſſe du point F, à la viteſſe du point G. Mais les poids de ces lignes ſont comme les lignes, & leurs viteſſes moyennes, c'eſt à dire, celles de leurs centres de peſanteur, ſont comme les lignes A F, A G. Donc, par la quatriéme Propoſition, le rectangle A G, D B, ſera la quantité de mouvement de la ligne D B ; & le rectangle A D F, celle de la ligne A D ; & parce que ces rectangles ſont égaux, D B ſera à A D, comme A F à A G.

Soit maintenant ſur la ligne A B égale à la ligne donnée, décrit le quarré A B P O, & tirée la diagonale P A, qu'on diviſera en deux parties égales au point *q* ; & ayant ſuppoſé que cette ſeconde ligne A B ſoit diviſée de même que l'autre aux points F, D, G, & que le point D ſoit le point qu'on cherche, ſoient priſes dans la ligne B P, B E égale à A D, & E M égale à D G ; ſoient encore tirées D L parallelle & égale à B P, & E H parallelle & égale à P O ſe coupant au point C. Il eſt évident que, ſi on tire M I parallelle & égale à P L, le rectangle B I, c'eſt à dire A G, B D, ou A D F qui lui eſt égal par les raiſonnemens ci-deſſus, ſera égal au rectangle H L plus le rectangle M L. Donc le Gnomon B C O ſera double du rectangle A D F, & égal au quarré D H ; & le quarré B O ſera double du quarré D H ; & par conſéquent A B ſera diviſée en D, en ſorte que ſi A B eſt la diagonale d'un quarré, A D en ſera le côté. D'où il s'enſuit que, ſi dans la premiére ligne A B on prend A D égale à A *q* moitié de A P, D ſera le point qui la diviſe en deux parties d'égale quantité de mouvement, lorſqu'elle ſe meut circulairement à l'entour du point A. Soit appellé ce point qui diviſe une grandeur en deux parties d'égale quantité de mouvement, ſoit que ſes parties ſe meuvent avec des viteſſes égales ou inégales, centre d'agitation.

TAB. III. Fig. 39.

PROBLEME.

PROPOSITION XVI.

T*Rouver le centre d'agitation d'une partie d'une ligne, qui ſe meut à l'entour d'un de ſes points extrémes ; la grandeur de la ligne entiére étant donnée & celle de la retranchée.*

Soit la ligne A B de 5 piés, & C B de deux piés, & l'on veut trouver le centre d'agitation de C B, la ligne A B ſe mouvant à l'entour du point A.

TAB. IV. Fig. 45. Que ce centre ſoit q, & q B ſoit appellée X : ſoit diviſée q B également en R, B R ſera $\frac{1}{2}$ X ; & C B étant 2, & A C, 3, C q ſera 2 — X ; & C S moitié de C q, 1 — $\frac{1}{2}$ X. Or, par ce qui a été dit dans la Propoſition quinziéme, comme A R eſt à A S, c'eſt à dire comme 5 — $\frac{1}{2}$ X eſt à 4 — $\frac{1}{2}$ X, ainſi réciproquement C q à q B, ou 2 — X, à X. Donc le rectangle de A R par q B, ſavoir 5 X — $\frac{1}{2}$ X^2, ſera égal à celui de A S par C q, ſavoir 8 † $\frac{1}{2}$ X^2 — 5 X ; & réduiſant l'équation, 8 † X^2 ſera égal à 10 X, & X ou q B ſera 5 — ℞ 17. Si donc on fait l'angle B A D droit, & A D égale à l'unité, & C T égale à T B, A T ſera 4, & la ligne T D ſera ℞ 17 ; & ſi l'on fait A q égale à D T, B q ſera 5 — ℞ 17, & q ſera le point requis.

Ceux qui ne ſavent pas l'Algébre pourront trouver à peu près en faiſant pluſieurs poſitions, la grandeur q B, quelles que ſoient les grandeurs données A B & C B. Comme en cét exemple, on trouvera par le calcul, que $\frac{7}{8}$ eſt un nombre moindre que q B, & $\frac{8}{9}$ un plus grand ; car au premier cas B R ſera $\frac{7}{16}$, A R 4 $\frac{9}{16}$, A S 3 $\frac{9}{16}$, & C q $\frac{9}{8}$; le produit de 4 $\frac{9}{16}$ par $\frac{7}{8}$ eſt $\frac{511}{128}$, & le produit de 3 $\frac{9}{16}$ par $\frac{9}{8}$ eſt $\frac{513}{128}$, ce qui fait voir que q B eſt plus grande que $\frac{7}{8}$. On verra par un ſemblable calcul que q B eſt moindre que $\frac{8}{9}$, & par conſéquent qu'elle eſt à fort peu près égale à $\frac{7}{8}$ & $\frac{1}{144}$.

On trouvera auſſi par de ſemblables raiſonnemens, le centre d'agitation d'un triangle iſoſcéle, comme A B C, tournant de plat à l'entour du point A, oppoſé à la baſe B C. (TAB. IV. Fig. 40.) Car, ſi A D eſt perpendiculaire à B C, & qu'on la diviſe au point E, en ſorte que le Cube de A D ſoit double du Cube de A E, le point E ſera ce centre ; ce qu'on prouvera, ſi l'on décrit la Pyramide B q C R A, dont la baſe ſoit B q C R, quarré de B C, & que F E G étant parallelle à B C, ſon quarré F G S T ſoit la baſe de la petite Pyramide F G S T A, ſemblable à la grande, & ſemblablement poſée : Car les quantitez de mouvement des lignes infinies en nombre, parallelles à B C, qui ſont priſes pour le triangle A B C, ſeront entre elles comme les quarrez de ces lignes, dans leur mouvement par lequel elles décrivent des ſurfaces Cylindriques : Mais tous ces quarrez à l'infini compoſent la Pyramide BqC R A, & cette Pyramide eſt double de la petite, comme le Cube de A D eſt double du Cube de A E ; & par conſéquent la quantité de mouvement du triangle A F G, ſera égale à celle du Trapéſe B F G C, & la ligne F G diviſera le triangle A B C, en deux parties, dont les quantitez de mouvement ſeront égales, & le point F ſera le centre d'agitation de ce triangle.

PROBLÉME.

PROPOSITION XVII.

Trouver le centre de Percussion d'un pendule composé.

Soit le pendule A B suspendu au point A, & chargé de deux poids égaux B & C, ayant décrit par son mouvement le secteur A B F, & rencontrant par son point D, l'arrêt G, en sorte qu'il se fasse équilibre à l'instant du choc, & que toute la force des deux poids agisse sur l'arrêt G; on demande le point D. Soit fait comme A C à A B, ainsi B D à C D: Je dis que D sera le centre de Percussion. Car, par la Proposition treiziéme de la seconde Partie, les quantitez de mouvement des poids B & C, feront le même équilibre, que si ces poids immobiles étoient l'un à l'autre comme la vitesse du point B à celle du point C. Or en ce cas le point D seroit le centre de pesanteur de ces deux poids, & ils feroient équilibre en ces distances du point D. Donc aussi les poids égaux B & C, ayant leurs quantitez de mouvement en même raison, feront équilibre rencontrant l'arrêt G au point D, par la treiziéme Proposition de la seconde Partie; & par la 14e, D sera le centre de Percussion, ce qui étoit à prouver. TAB. IV. Fig. 41.

Que si le même pendule est encore chargé d'autres poids égaux ou inégaux au dessous du point A, on trouvera toujours le centre de Percussion, en considérant les quantitez de mouvement de ces poids, comme si c'étoient des poids absolus qui fussent l'un à l'autre en même raison que ces quantitez de mouvement; car le point qui seroit leur centre de pesanteur, sera le centre de percussion de ces poids, c'est à dire le point par lequel rencontrant un arrêt, il se fera équilibre entre leurs quantitez de mouvement au moment du choc.

On trouvera aussi le centre de percussion d'une ligne comme A C, se mouvant à l'entour d'un de ses points extrêmes comme A, & décrivant un secteur de cercle A C B, si l'on divise A C en sorte, que A K soit double de K C; & on le prouvera, en faisant voir, que les quantitez de mouvement des points infinis qui seront pris en la ligne A C, seront entre elles, comme les arcs C B, D G, &c. ou comme les lignes O C *q*, R D S, L Y M, &c. Car, toutes ces lignes infinies étant prises ensemble pour le triangle isoscéle A O *q*, divisé également par la ligne A C; le point K, qui est le centre de pesanteur de ce triangle, sera aussi le centre de Percussion de la ligne A C, par la quatorziéme Proposition de la seconde Partie. TAB. IV. Fig. 42.

On prouvera en la même sorte, que, si le triangle A O *q* se meut à l'entour du point A, de maniére que la ligne O *q* décrive une surface

Cylindrique, le centre de percussion de ce triangle sera Z, si A Z est les trois quarts de la ligne A C.

Que si l'on veut savoir le centre de percussion d'une ligne comme
TAB. IV. Fig. 46. C B faisant partie de la ligne A B, lorsque toute la ligne se meut à l'entour du point A ; il faut trouver P A, troisiéme proportionnelle aux lignes B A, C A ; & C *q* étant le tiers de C A, & B R le tiers de B A, soit fait que comme B P est à P A, ainsi *q* R soit à une quatriéme ligne R O ; ce point O sera le point requis : Car, si A D E est un triangle isoscéle, D B égale à B E, & M C N parallelle à D B E ; le point O sera le centre de pesanteur du Trapèze D M N E : Et par les mêmes raisons que le centre de pesanteur de tout le triangle A D E est le centre de percussion de la ligne entiére A B, on prouvera que le point O centre de pesanteur du Trapèze D M N E, sera le centre de percussion de la ligne C B, partie de la ligne A B, lorsqu'elle se meut à l'entour du point A. D'où l'on connoitra à peu près par quel endroit d'un bâton ou d'une épée, on doit frapper quelque chose pour donner le plus grand coup : Car l'extrémité immobile du bras sera comme le point A ; le bras entier, comme la ligne A C ; & le bâton ou l'épée, comme la ligne C B.

PROBLÉME.

PROPOSITION XVIII.

Trouver le centre de vibration d'un pendule composé ; c'est à dire, la grandeur d'un pendule simple, dont les battemens se fassent en même tems que ceux du composé.

Soit A B le pendule donné suspendu au point A & chargé des deux
TAB. IV. Fig. 41. poids égaux C & B, au dessous du point A : on demande le point D, tel qu'un pendule simple de la grandeur A D, chargé d'un seul poids au point D, fasse ses battemens en même tems. Soit trouvé par la précédente le centre de percussion du pendule composé, & soit icelui D : Je dis qu'il sera aussi le centre de vibration. Car le pendule composé rencontrant un arrêt au point D, le choquera de toute la quantité de mouvement des deux poids C & B, par la Proposition dix-septiéme de la seconde Partie, & de même que si un seul poids étant au point E, & décrivant l'arc E D, avoit la même quantité de mouvement que les deux poids : C'est à dire, que si le pendule simple F H, égal en longueur à A D, est chargé en H de ce seul poids ; il choquera aussi fort au point I un arrêt, que le pendule A B au point D, si les arcs décrits H I, E D, sont égaux. Il est donc nécessaire que le point E, étant arrivé en D, aille aussi vîte que le point H étant arrivé en I : autre-

ment

ment le choc ſeroit moindre ou plus grand que celui des deux poids étant en C & B; ce qui ne peut être. Donc le point D ſera allé de même viteſſe dans le mouvement du pendule A B, que le point H, dans celui du pendule ſimple F H, & par conſéquent les tems de leurs battemens ſeront égaux; ce qui étoit à prouver, & qui eſt conforme aux expériences.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que la longueur d'un pendule ſimple, qui fait ſes battements en même tems qu'un fil de fer en Cylindre, ſuſpendu par une de ſes extrémitez; ſera égale aux deux tiers de la longueur de ce fil de fer, qu'on prend ici pour une ligne droite peſante: car, par la Propoſition précédente, la diſtance du centre de percuſſion ſera aux deux tiers de ce fer.

Il s'enſuit auſſi que le centre de vibration du triangle A O q de la Figure 42^e. ſera aux trois quarts de la ligne A C, quand il ſe meut de plat à l'entour du point A; puiſqu'auſſi en ce cas les centres de percuſſion & de vibration ſont au même point.

PROPOSITION XIX.

Les centres de vibration, agitation, & percuſſion ſont un même point dans un triangle qui ſe meut ſur ſa baſe.

B C D eſt un triangle, ſe mouvant à l'entour de ſa baſe immobile B C; B A eſt égale à A C; la ligne D A eſt diviſée en pluſieurs parties égales, aux points E, F, G, &c; A H eſt égale à H D; K E N eſt parallelle à B C, & aux autres lignes tirées dans le triangle, leſquelles nous nommerons F, G, H, &c. Je dis premiément que dans ce mouvement à l'entour de B C, le point H eſt le centre d'agitation. Car la ligne M, ou ſa peſanteur, eſt à la ligne K N, ou ſa peſanteur, comme D M, c'eſt à dire la diſtance A E, eſt à D E, c'eſt à dire la diſtance A M. Donc la quantité de mouvement de la ligne M ſera égale à celle de K N, puiſque leurs peſanteurs & leurs diſtances du point A ſont réciproques, & que leurs viteſſes ſont comme leurs diſtances. Le même ſera dit des lignes F, L, &c. & de toutes celles qui ſeront tirées à l'infini en diſtances égales, d'un côté & d'autre de la ligne R H O. Donc la quantité de mouvement de tout le triangle R D O, ſera égale à celle de tout le trapéſe B C O R; & par conſéquent le point H ſera le centre d'agitation du triangle entier B C D. Or ſi ce triangle tournant ſur ſa baſe, rencontre l'obſtacle ou arrêt q R H O P; tout ſon mouvement ſera arrêté dans l'inſtant du choc, qui eſt la fin du mouvement circulaire; puis qu'en cét inſtant, il y aura des égales quantitez de mouvement de part & d'autre de l'arrêt & en diſtances égales. TAB. III. Fig. 43.

 Donc,

Donc, par la Propoſition quatorziéme de la ſeconde Partie, le point H ſera le centre de percuſſion de ce triangle : Il ſera auſſi ſon centre de vibration, par la précédente; ce qu'il falloit prouver.

PROBLÉME.

PROPOSITION XX.

Trouver le centre de percuſſion d'un pendule composé de deux poids, lorſqu'ils ſont de part & d'autre du point de ſuſpenſion.

Soit A B C D K une ligne infléxible, où ſoient attachez les deux poids A & C tels qu'on voudra, compoſant le pendule A C, dont le point de ſuſpenſion ſoit B, pris où l'on voudra, pourvû que le poids C emporte le poids A: on demande le centre de percuſſion de ce pendule.

TAB. IV. Fig. 47.

Soient décrits du centre B, les arcs ſemblables A L, C I. Or ſi l'on ſuppoſe que le poids C ſoit venu de I en C, le poids A aura décrit en même tems l'arc L A; & leurs viteſſes acquiſes aux points A & C ſeront entre elles comme B C à B A. Soit la quantité du mouvement du poids C, s'étant mû par l'arc I C, à la quantité du mouvement du poids A s'étant mû par l'arc L A, comme F E à G E; & comme leur différence F G eſt à la moindre G E, ainſi ſoit la diſtance A C à C D: Je dis que D eſt le centre de percuſſion, & que s'il y a un arrêt H au point D, il arrêtera tout le mouvement des deux poids A & C, ſi le point D s'y attache. Car, en renverſant, E G ſera à G F comme D C à C A; & en compoſant, E F ſera à E G, comme D A à D C. Donc, par la treiziéme Propoſition de la ſeconde Partie, les deux poids feront équilibre & s'arrêteront l'un l'autre au moment de la rencontre de l'arrêt H; puiſque D A étant comme un bras d'une balance, les diſtances D C, D A, ſeront réciproquement en même raiſon que les quantitez de mouvement de ces poids, c'eſt à dire comme G E à F E; ou, ce qui eſt la même choſe, puis que le produit ſolide du poids A & des deux grandeurs A B, A D, eſt égal au produit ſolide du poids C & des deux grandeurs B C, C D: & parce que cét arrêt fait perdre tout le mouvement des 2 poids, il s'enſuit qu'il en reçoit tout l'effort.

Que s'il y a pluſieurs poids tels qu'on voudra au deſſus du point B, comme N & A; & pluſieurs au deſſous, comme M & C, en telles diſtances qu'on voudra : on trouvera le centre de percuſſion de ce pendule compoſé en cette ſorte. Il faut trouver par la Propoſition dix-ſeptiéme, le centre de percuſſion des poids du deſſus, & celui des poids du deſſous, de même que ſi B A & B C étoient des pendules ſéparez : & ſuppoſé que le point Q ſoit le centre de percuſſion du pendule

dule B A composé des deux poids N & A, & P celui du pendule B C composé des poids M & C ; on ôtera la somme des quantitez de mouvement des deux poids du dessus, de la somme de celles des poids du dessous, & on fera que comme la différence de ces sommes est à la moindre, ainsi la distance de ces deux centres, savoir la ligne Q P, soit à P D; & le point D sera le centre de percussion de ce pendule composé de 4 poids se mouvant à l'entour du point B, & on le prouvera par la Proposition treiziéme de la seconde Partie, en montrant qu'il y aura même raison de la distance D P à la distance D Q, que de la somme des quantitez de mouvement des poids N & A, qui font leur effort au point Q, à la somme de celles des poids M & C, qui font leur effort au point P.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soit R S T un pendule infléxible de cinq piés, ayant son centre de mouvement au point S, dans la ligne ponctuée Z S X, qui représente un fil étendu fortement & attaché au point S pour soutenir le pendule: Soit la distance S R de trois piés, le poids R de deux onces, & le poids T de quatre onces. Or la quantité de mouvement du poids R sera six, & celle du poids T sera huit, par la quatriéme Proposition de la premiére Partie ; leur différence est deux ; cette différence deux est à six, moindre quantité de mouvement, comme cinq, longueur du pendule R T, est à quinze; d'où l'on connoitra que si T V est de quinze piés, R T V étant une ligne infléxible, le point V sera le centre de percussion de ce pendule R S T, prolongé en V, chargé des deux poids R & T selon l'hypothése. TAB. IV* Fig. 51.

PREMIÉRE CONSÉQUENCE.

Il suit de la premiére Partie de cette Proposition, & de la premiére Partie de la dix-septiéme, que dans les pendules composez de deux poids, les centres de percussion & de suspension sont réciproques: c'est à dire, que si le pendule A D chargé des deux poids A & C, étant suspendu au point B, a pour son centre de percussion le point D ; le même pendule étant suspendu au point D, aura le point B pour son centre de percussion. Car, puis que la quantité de mouvement du poids C dans ce pendule se mouvant à l'entour du point B, est le produit de la distance B C par le poids C; le produit de cette quantité de mouvement par la distance D C, sera le produit solide de la distance B C, du poids C, & de la distance D C; &, par la même raison, le produit de la même quantité de mouvement du poids A, par la distance D A, sera le produit solide de la distance B A, du poids A, & de la distance D A. Or ces produits solides sont égaux entre eux par la trei- TAB. IV. Fig. 47.

ziéme Propoſition de la ſeconde Partie, puis que D eſt le centre de percuſſion, par la vingtiéme. Mais, ſi on renverſe le même pendule, & que D ſoit le centre de ſuſpenſion, alors le point B ſera le centre de percuſſion: car, le produit ſolide de A B par la quantité de mouvement du poids A (laquelle quantité de mouvement eſt le produit de D A par le poids A) ſera égal au produit ſolide de B C par la quantité de mouvement du poids C, laquelle eſt le produit de D C par le poids C; & cette égalité de ſolides eſt évidente, puiſque ces deux derniers ſont les mêmes que les deux ci-deſſus, étant formez par les mêmes grandeurs. Donc, par la Propoſition dix-ſeptiéme, B ſera le centre de percuſſion de ce pendule ſe mouvant à l'entour du point D, & par conſéquent les points de ſuſpenſion & de percuſſion de ce pendule ſont réciproques.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de la ſeconde Partie de cette Propoſition, que, ſi une ligne droite comme $\alpha\ \gamma\ \beta$ eſt diviſée au point γ, en ſorte que $\beta\ \gamma$ ſoit double de $\gamma\ \alpha$, & qu'on la conſidére comme un pendule, dont le centre de mouvement ſoit au point γ, ſon centre de percuſſion ſera au point β. Car, ſoit diviſée $\alpha\ \gamma$ au point ϵ, & $\beta\ \gamma$ au point δ, en même raiſon que la ligne $\alpha\ \beta$ l'eſt au point γ; ϵ ſera le centre de percuſſion de la ligne $\gamma\ \alpha$ conſidérée comme un pendule ſéparé, ſe mouvant à l'entour du point γ; & δ, celui de $\gamma\ \beta$ ſe mouvant à l'entour du même point γ, par la Conſéquence de la dix-huitiéme Propoſition: & parce que $\beta\ \gamma$ eſt double de $\gamma\ \alpha$, $\delta\ \gamma$ ſera double de $\gamma\ \epsilon$; & étant auſſi double de $\delta\ \beta$, $\gamma\ \epsilon$ & $\delta\ \beta$ ſeront égales, & $\delta\ \epsilon$ ſera triple de $\delta\ \beta$. Mais, $\gamma\ \beta$ étant diviſée en deux parties égales au point θ, & $\gamma\ \alpha$ au point λ, la quantité de mouvement des points infinis de la ligne $\alpha\ \gamma$ conſidérée comme peſante, ſe mouvant à l'entour du point γ, ſera la même, que ſi tout leur poids étoit au point λ; & la quantité de mouvement des points infinis de la ligne $\gamma\ \beta$ ſera auſſi la même, que ſi tout leur poids étoit au point θ, par ce qui a été dit dans la quinziéme Propoſition. Mais le poids abſolu de la ligne $\gamma\ \beta$ eſt double du poids abſolu de la ligne $\gamma\ \alpha$, & la diſtance $\gamma\ \theta$ eſt double de la diſtance $\gamma\ \lambda$. Donc la quantité de mouvement de la ligne $\gamma\ \beta$ ſera quadruple de celle de la ligne $\gamma\ \alpha$, lors que la ligne entiére $\alpha\ \beta$ ſe meut à l'entour du point γ. Or, comme la différence des quantitez de mouvement des lignes $\alpha\ \gamma$, $\gamma\ \beta$, ſavoir 3, eſt à l'unité qui eſt la moindre des deux, ainſi $\epsilon\ \delta$ diſtance des deux centres de percuſſion, eſt à $\delta\ \beta$, puiſque $\epsilon\ \delta$ eſt triple de $\delta\ \beta$. Donc, par ce qui a été dit en la deuxiéme partie de cette Propoſition, β ſera le centre de percuſſion du pendule $\alpha\ \gamma\ \beta$ ſe mouvant à l'entour du point γ; & dautant que par la troiſiéme partie de la Propoſition dix-ſeptiéme de la ſeconde Partie, le centre de percuſſion d'une ligne comme $\alpha\ \gamma\ \beta$ ſuſpenduë au point β, eſt

TAB. IV. Fig. 52.

aux

aux deux tiers de cette ligne, ſavoir au point γ; il s'enſuit que les points ou centres de percuſſion & de ſuſpenſion d'un fil de fer étendu en ligne droite ſont réciproques.

On pourra ſe ſervir de ces derniéres Propoſitions pour trouver facilement les centres de vibration des pendules chargez de pluſieurs poids; c'eſt à dire, pour trouver lès points où ſe terminent les longueurs des pendules ſimples qui font leurs battemens en même tems que les pendules compoſez. Car, puis que ces centres de vibration ſont les mêmes que ceux de percuſſion, comme il a été prouvé dans la Propoſition 18^e. de la 2^e. Partie, & comme on le reconnoît par toutes ſortes d'expériences; on peut employer les mêmes régles pour les trouver. Ainſi on trouvera que S V dans la 51^e. Figure [Tab. IV*] ſera la longueur du pendule ſimple qui fera ſes battemens ou vibrations en même tems que le pendule compoſé R S T, qui a le point S pour ſon centre de mouvement; & on en fera l'expérience en cette ſorte.

Ayez un fil de fer de deux piés & demi de longueur & d'environ une ligne d'épaiſſeur qu'on prendra pour la ligne R S T; attachez y deux balles de plomb aux points R & T, dont la premiére péſe deux onces, & l'autre quatre; prenez la diſtance T S d'un pié, R S ſera d'un pié & demi: Liez deux filèts au point S, & en tenez les extrémitez avec les deux mains de part & d'autre, & les bandez fermement, en ſorte que les deux faſſent à peu près une ligne droite horiſontale, lorſque ce pendule fera ſes vibrations; & parce que la longueur S V doit être de huit piés & demi, (pour la facilité de l'expérience, on prend ici toutes les meſures moindres de moitié que dans l'exemple en nombres ci-deſſus) il faudra avoir un pendule ſimple de huit piés & demi, c'eſt à dire, un fil très-délié, ayant une petite balle de plomb à ſon extrémité, dont le centre ſoit diſtant de huit piés & demi du point de ſuſpenſion, & vous verrez qu'en le faiſant mouvoir en même tems que l'autre, ils s'accorderont en leurs battemens à fort peu près, n'étant pas poſſible qu'ils s'accordent dans la derniére préciſion, à cauſe de la peſanteur du fil de fer, de laquelle on fait abſtraction, & que le centre de percuſſion de chaque balle conſidérée ſeule n'eſt pas au même point que ſon centre de peſanteur, mais en un autre point un peu plus éloigné du point de ſuſpenſion.

Lorſque les poids ſont tous au deſſous du point de ſuſpenſion, on trouvera par le calcul le centre de vibration, qu'on ſuppoſe être le même que celui de percuſſion en la maniére ſuivante.

DCMNA en la figure quarante-ſept eſt un pendule qu'on ſuppoſe ici être renverſé & ſuſpendu par le point D, & chargé des poids C, M, N, A, dont le ſecond M péſe quatre onces, & les trois autres chacun deux onces; la longueur D C eſt ſuppoſée de deux piés, D M de cinq piés, D N de neuf piés, & D A d'onze piés; la quantité de mouvement du poids C ſera quatre, & celle du poids M vingt, par la

TAB. IV. Fig. 47.

N qua-

quatriéme Propoſition, leur ſomme ſera vingt-quatre; or vingt-quatre eſt à quatre, qui eſt la moindre, comme C M ou 3, eſt à $\frac{1}{2}$. Donc le point P ſera le centre de vibration du pendule D C M conſidéré ſeul, ſi M P eſt d'un demi pié; car M P ſera à P C réciproquement comme quatre à vingt. Par un ſemblable calcul, la quantité de mouvement du poids N ſera dix-huit, & celle du poids A vingt-deux; leur ſomme ſera quarante; quarante eſt à dix-huit comme N A ou 2, eſt à $\frac{36}{40}$, ou $\frac{9}{10}$. Donc le point Q ſera le centre de vibration du pendule D A conſidéré comme chargé des ſeuls poids N & A, ſi A Q eſt de $\frac{9}{10}$ de pié; car A Q ſera à Q N, réciproquement comme dix-huit à vingt-deux: la diſtance P Q ſera par conſéquent cinq piés $\frac{3}{5}$. Or, la ſomme des quantitez de mouvement ci-deſſus vingt-quatre & quarante, eſt ſoixante-quatre; 64 eſt à la moindre 24, comme la diſtance entiére P Q ou $\frac{28}{5}$ eſt à $2\frac{1}{10}$; ce qui fait voir que Q B étant de deux piés & $\frac{1}{10}$, le point B ſera le centre de vibration du pendule D A chargé des quatre poids C, M, N, A, puis que Q B ou $\frac{21}{10}$ eſt à B P ou $\frac{35}{20}$ comme 24 à quarante. Or Q N eſt $\frac{11}{10}$ & Q B $\frac{21}{10}$. Donc N B ſera $\frac{10}{10}$ ou l'unité, & D N étant de neuf piés par ſuppoſition, D B ſera de 8 piés; d'où il s'enſuit qu'un pendule ſimple de huit piés fera ſes battemens en même tems que le pendule D A ſuſpendu au point D, & chargé des quatre poids C, M, N, A, & on le connoîtra par l'expérience. L'expérience fera voir auſſi, que ſi on ſuſpend ce même pendule par le point B, il s'accordera encore en ſes battemens avec le même pendule ſimple de huit piés; & que ſi on a un fil de fer comme $\alpha\beta$ de ſix piés, & un pendule ſimple de quatre piés, ce pendule fera ſes battemens en même tems que le fil de fer, ſoit qu'on le ſuſpende par l'extrémité α, ou par le point γ, la diſtance $\alpha\gamma$ étant de deux piés.

TAB. IV* Fig. 52.

PRINCIPE OU AXIOME.

PROPOSITION XXI.

Les corps de même matiére égaux & ſemblables & ſemblablement poſez tombent par un même milieu fluide avec des viteſſes égales entre elles, tant au commencement de leur chûte, que dans la continuation.

QUA-

QUATRIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XXII.

L*Es corps de même matiére égaux & semblables & semblablement posez, tombent avec des vitesses inégales à travers des corps fluides de différentes condensations.*

L'expérience en est aisée, si on laisse tomber en même tems deux balles de plomb égales, l'une dans l'air, & l'autre dans de l'eau, d'une profondeur considérable, sa chûte commençant depuis la surface supérieure de l'eau; car on verra que dans le même tems que cette derniére employera pour aller jusques au fond de l'eau, l'autre aura passé un espace sensiblement plus grand dans l'air. On peut encore en faire l'expérience en la maniére suivante.

Ayez deux Cylindres creux de verre, A B, C D, de quinze ou vingt pouces de hauteur & de 8 ou 10 lignes de largeur, fermez à l'un des bouts: mettez une plume de duvet de cinq ou six lignes de largeur en chacun de ces Cylindres: tirez en suite la plus grande partie de l'air du Cylindre C D, par le moyen d'une machine qu'on appelle machine à faire le vuide, en sorte que celui qui y demeurera, soit environ 1000 fois plus rarefié que l'air ordinaire: & après l'avoir fait seeller Hermétiquement (le Cylindre A B étant aussi fermé exactement par les deux bouts) vous verrez que, si vous renversez tout-à-coup ces Cylindres, en sorte que le dessous, où seront les petites plumes, devienne le dessus, la petite plume qui sera dans le Cylindre A B, employera environ trois fois autant de tems à aller au fond, que celle qui sera dans le Cylindre C D. Donc les corps de même matiére &c. ce qui falloit prouver par expérience. TAB. IV* Fig. 53.

PROPOSITION XXIII.

L*Es corps plus pesans que l'air étant lâchez dans l'air, accélérent leurs vitesses en tombant jusques à ce qu'ils aillent aussi vîte que le vent qui peut les soutenir, soufflant perpendiculairement de bas en haut.*

La résistance de l'air est égale, soit qu'il se meuve contre un corps, soit que le corps se meuve contre lui. Donc, si la vitesse de l'air s'élevant de bas en haut, peut faire équilibre avec le premier effort que fait un corps pesant pour descendre avec sa premiére petite vitesse, & qu'il soit soutenu sans tomber; lorsque dans un air sans mouvement, ce corps aura acquis la même vitesse de l'air qui le soutenoit, il y aura encore é-

quilibre entre la résistance que l'air fera au mouvement de ce corps, & le même premier effort ou vertu de tomber qui demeure toujours dans ce corps; & par conséquent ce premier effort, qui ajoutant sans cesse la premiére petite vitesse qu'il doit produire, à la vitesse acquise, cause l'accélération, ne l'y ajoutera plus; & par cette raison le corps continuëra à descendre uniformément avec la vitesse qu'il aura acquise depuis le haut de sa chûte jusques à cét endroit d'équilibre. On appellera cette vitesse acquise avec laquelle le corps continuë à descendre uniformément sans plus accélérer son mouvement, sa vitesse totale, ou sa vitesse complette.

PROPOSITION XXIV.

Les corps égaux & semblables & semblablement posez qui tombent à travers des fluides de différentes condensations, ne prennent pas des vitesses complettes, égales entre elles; mais elles sont moindres dans les fluides plus denses.

D'autant que les corps fluides de différentes pesanteurs qui sont mûs avec des vitesses égales, soutiennent des poids inégaux, par la deuxiéme Conséquence de la Proposition 9^e^. de la seconde Partie; il s'ensuit qu'un fluide pesant comme l'eau allant de bas en haut, employera pour soutenir un même corps, une vitesse beaucoup moindre que celle avec laquelle l'air le peut soutenir. Donc, par la Proposition précédente, ce même corps en descendant par l'air, prendra une vitesse complette beaucoup plus grande qu'en descendant à travers quelque eau immobile.

PROPOSITION XXV.

Les corps égaux en volume, semblables & semblablement posez, & de pesanteurs inégales, acquiérent en tombant à travers l'air des vitesses complettes qui sont l'une à l'autre selon la raison sous-doublée de leurs poids.

D'autant que les jèts d'air de même largeur & de différentes vitesses, soutiennent des poids qui sont l'un à l'autre en raison doublée des vitesses différentes, s'ils les choquent de même maniére, par la premiére Conséquence de la Proposition 9^e^. de la seconde Partie; en renversant, ces vitesses seront l'une à l'autre en raison sous-doublée des poids: & parce que les vitesses complettes des corps pesants sont entre elles comme les vitesses de l'air qui peut les soutenir, par la Proposition vingt-troisiéme de la seconde Partie; il s'ensuit que les corps inégaux en pesanteur & égaux en grosseur, semblables & semblablement posez, auront leurs vitesses complettes en la raison sous-doublée de leurs pesanteurs inégales; ce qu'il falloit prouver.

PROPOSITION XXVI.

Les vitesses complettes des corps de différentes grandeurs & de semblable matiére, sont entre elles en raison sous-doublée des pesanteurs de ces corps,

corps, si les surfaces par lesquelles ces corps choquent l'air directement sont égales.

Soient A & B deux Cylindres de plomb, ayant leurs bases égales & parallelles à l'horison, & leurs hauteurs inégales; je dis qu'ils acquerront en descendant des vitesses complettes, qui seront l'une à l'autre en raison sous-doublée de leurs hauteurs, qui est la même que celle de leurs poids. Car les jèts d'air aussi bien que ceux d'eau, inégaux en vitesse & d'égale largeur, soutiennent des poids qui sont l'un à l'autre en raison doublée de leurs vitesses différentes, par la premiére Conséquence de la Proposition neuviéme de la seconde Partie. Donc ces Cylindres ayant leurs bases égales seroient rencontrez par des jèts d'air égaux qui s'éléveroient directement, & par conséquent ils rencontreront autant d'air l'un que l'autre en descendant: & ayant acquis leurs vitesses complettes, qui sont les mêmes que celles de l'air qui pouvoit les soutenir, & selon lesquelles ils continuent leurs descentes uniformément; ces vitesses seront l'une à l'autre en raison sous-doublée des pesanteurs de ces Cylindres, c'est à dire que, si le Cylindre A a son axe quadruple de celui du Cylindre B de même matiére & de même diamétre de base, la vitesse complette du premier sera double de celle de l'autre. TAB. IV* Fig. 54.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit que, si on fait tomber de plat un quart de feuille de papier en mettant un petit poids au milieu, & qu'on en fasse tomber quatre quarts de méme grandeur & figure que le premier, posez l'un sur l'autre, & chargez aussi d'un poids au milieu tel que les quatre quarts de feuille avec leur poids au milieu, pésent quatre fois autant que le quart de feuille seul avec son petit poids au milieu; la vitesse complette des quatre feuilles sera double de celle de la feuille seule; & que s'il y a neuf quarts de feuilles l'un sur l'autre, qui pésent neuf fois autant avec leur petit poids au milieu, que la feuille seule, leur vitesse complette sera trois fois plus grande: comme aussi, si on suspend une feuille de papier à un long fil fort délié attaché par ses deux bouts à un plancher à des clous distants l'un de l'autre de quatre ou cinq piés, en sorte qu'on puisse poser la feuille par son pli sur le plus bas du fil recourbé, & qu'en la faisant mouvoir en pendule elle rencontre l'air de plat, & qu'en suite au lieu d'une feuille on y en mette quatre ou neuf; les quatres feuilles parcourront en remontant de leur point de repos, un arc de cercle qui sera double de celui qu'aura parcouru la feuille seule, & les neuf feuilles parcourront un arc qui en sera triple. On suppose que les poids des pendules passent en remontant des arcs proportionnels aux vitesses acquises par leur chûte, comme il a été expliqué dans la premiére Proposition de la premiére Partie; & que le fil du pendule soit assez long pour faire que les neuf feuilles élevées à

un arc de ſoixante ou quatre-vingt degrez, puiſſent acquérir leur viteſſe complette avant que d'arriver à leur point de repos.

PROPOSITION XXVII.

LEs corps inégaux en peſanteur qui rencontrent des réſiſtances de l'air ſelon la proportion de leurs poids, deſcendent également vîte & acquiérent des viteſſes complettes égales.

TAB. IV * Fig. 55. Soit le Cylindre A, de bois ou de plomb, deux fois plus petit que le Cylindre BC de même matiére; ayant leurs baſes égales: je dis qu'ils deſcendront également vîte, & que leurs viteſſes complettes ſeront égales ſi leurs axes ſont parallelles à l'horiſon. Car il eſt évident que le grand rencontrera deux fois plus d'air, & par conſéquent les réſiſtances que l'air fait à ces Cylindres ſont en même raiſon que les poids. Or ſi on diviſe le Cylindre BC en deux parties égales, par le plan D parallelle aux baſes, & qu'on les ſépare, chacune d'elles étant ſemblable & ſemblablement poſée & égale au Cylindre A, elle deſcendra de même, par la vingt-uniéme Propoſition de cette ſeconde Partie. Donc étant contiguës elles tomberont encore de même, parce que l'air qui gliſſe le long des baſes ne retarde point leur deſcente; puiſqu'étant ſuppoſées très-unies & polies, l'air ne s'y attache point, & qu'elles ne ſont aucunement expoſées à ſon choc, en tombant perpendiculairement.

TAB. IV * Fig. 56. La même choſe arrivera, par les mêmes raiſons, aux Parallélépipédes inégaux en longueur de même matiére, *a* & *b*, ſi leurs baſes inégales *d c* & *e f* ſont horiſontales. On peut encore démontrer cette Propoſition en la maniére ſuivante.

Les jèts d'air qui ſortent de différentes ouvertures & qui ont des viteſſes égales, ſoutiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en la raiſon des ſurfaces de ces ouvertures, par la ſeconde Conſéquence de la Propoſition neuviéme de la ſeconde Partie. Mais les jèts d'air qui choquent les baſes inégales *d c* & *e f* des ſolides inégaux *a* & *b*, ont les mêmes largeurs que ces baſes, & les poids de ces ſolides ſont entre eux comme ces baſes. Donc ces ſolides ſeront ſoutenus par un même vent ſoufflant de bas en haut, & par la Propoſition vingt-troiſiéme, ils acquerront des viteſſes complettes égales, & auront toujours les mêmes viteſſes en leurs deſcentes; ce qu'il falloit prouver.

On en fera l'expérience en la maniére ſuivante. Faites deux ronds de carton, dont le plus grand ait ſon diamétre double de celui de l'autre, chargez vers leurs centres de petites plaques de plomb peu larges à proportion des cartons; & faites que, ſi le grand rond avec ſa plaque péſe une once, le petit avec ſa plaque ne péſe que $\frac{1}{4}$ d'once: laiſſez les tomber de 60 ou 80 piés de hauteur en même tems; vous verrez qu'ils deſcendront avec une même viteſſe à fort peu près. D'où il s'enſuit, que les Cylindres de même matiére & hauteur, ayant leurs baſes horiſontales,

les, defcendent avec même viteffe, quelles que foient leurs bafes.

PROPOSITION XXVIII.

L*Es Cubes de même matiére & de grandeurs inégales ont leurs viteffes complettes en raifon fous-doublée de leurs cotez; & les boules inégales de même matiére, en raifon fous-doublée de leurs diamétres.*

Soient deux Cubes A & B, dont les côtez foient, l'un d'un pouce, & l'autre de quatre pouces: il eft manifefte que, fi vers la bafe du plus grand on prend la même hauteur du Cube A, il y aura feize petits cubes d'un pouce de hauteur, chacun defquels fera égal au petit cube A; & par la précédente, fi le cube A & le folide B C, dont la bafe eft fuppofée égale à celle du cube B, & la hauteur d'un pouce, tombent de plat, c'eft à dire fi leurs bafes font parallelles à l'horifon en tombant, ils defcendront également vîte. Mais pour rendre ce folide égal & femblable au grand cube B, il faudra mettre encore trois rangs chacun de feize petits cubes d'un pouce, comme ceux de la figure *c b*; & ce dernier cube, qui fera de 64 pouces cubes, pefera 4 fois autant que le Parallellépipéde *b c* compofé de feize cubes d'un pouce. Donc, par la vingt-fixiéme Propofition de la feconde Partie, fa viteffe complette fera double de celle du Parallellépipéde *b c*, c'eft à dire du petit cube A, dont le côté n'eft que le quart du côté du grand cube. TAB. IV* Fig. 57. TAB. IV* Fig. 57.

Soit maintenant une boule D, dont le diamétre foit quatre fois plus grand que celui de la boule E. Le grand cercle de l'un fera 16 fois plus grand que celui de l'autre; & par conféquent, la réfiftance de l'air fera feize fois plus grande à fon égard: mais la grande boule péfera 64 fois davantage. Donc, fi on fuppofe que la grande foit divifée en feize parties égales, pofées de maniére que chacune d'elles trouve une réfiftance égale à celle que trouve la petite boule en traverfant l'air, chacune de ces parties péfera quatre fois autant que la petite boule. Donc, par la vingt-fixiéme Propofition, la viteffe complette de chacune fera double de celle de la petite boule: mais la réfiftance de l'air à la grande boule fera auffi feize fois plus grande qu'elle n'eft à la petite; & parce qu'elle eft égale en pefanteur aux feize divifions enfemble, foit qu'elles foient contiguës ou féparées, elle defcendra auffi vîte, & fa viteffe complette fera la même, par la Propofition précédente. Donc elle aura même raifon à la viteffe complette de la petite boule A, c'eft à dire comme 2 à 1, qui eft la raifon fous-doublée de 4 à 1. La même proportion fe trouvera entre toutes les autres boules de même matiére, & on le prouvera par de femblables raifons. TAB. IV* Fig. 58.

PROPOSITION XXIX.

S*'Il y a des boules inégales de différentes matiéres, & que la pefanteur fpécifique de la matiére de la grande boule foit à la pefanteur fpécifique*

de

de la matiére de la petite, réciproquement comme le diamétre de la petite est au diamétre de la grande; elles descendront également vite, & leurs vitesses complettes seront égales.

Soit la boule A plus grande que la boule B, & soit le diamétre A au diamétre B, comme la pesanteur spécifique de la boule B est à la pesanteur spécifique de la boule A: je dis que leurs vitesses complettes seront égales. Car, soit une troisiéme boule C de même matiére que la grande A, & d'égal volume à la petite B; la vitesse complette de la boule B sera à celle de la boule C en raison sous-doublée de la pesanteur à la pesanteur, par la vingt-cinquiéme Proposition de la seconde Partie. Mais, par la précédente, la vitesse complette de la boule A est à la vitesse complette de la boule C, en raison sous-doublée du diamétre A au diamétre C ou B; & la pesanteur de la boule B est à la pesanteur de la boule C, par l'hypothése, comme le diamétre de la boule A est au diamétre de la boule C. Donc la vitesse complette de la boule A & celle de la boule B auront même raison à la vitesse complette de la boule C; & par conséquent ces vitesses seront égales, ce qu'il falloit démontrer. On en fera l'xpérience en cette sorte.

TAB. IV* Fig. 59.

Prenez une balle de plomb de quatre lignes de diamétre, & une boule de bois de buis, ou d'autre bois fort pesant, dont la pesanteur spécifique soit à celle du plomb comme 1 à 9: donnez à cette boule trois pouces de diamétre, ce diamétre sera neuf fois plus grand que celui de la balle de plomb, & par conséquent les diamétres seront en raison réciproque des pesanteurs spécifiques: laissez-les tomber en même tems de 100 ou de 120 piés de hauteur, vous les verrez descendre ensemble & arriver au même moment à terre; d'où il doit arriver qu'ayant enfin acquis leurs vitesses complettes, elles seront égales. On en a fait l'expérience avec une boule de liége & une de cire: & parce que la cire a sa pesanteur spécifique quadruple de celle de liége à fort peu près, on fit le diamétre de la balle de liége de douze lignes, & celui de la balle de cire de trois lignes; ces deux balles tombérent de la hauteur de quarante-cinq piés avec des vitesses égales.

PROPOSITION XXX.

Les boules de même poids & de différentes grandeurs ont leurs vitesses complettes en raison réciproque de leurs diamétres.

TAB. IV* Fig. 60.

A B & C D sont des boules d'un poids égal, dont C D est la plus grande; je dis que la vitesse complette de la petite A B sera à celle de la grande C D réciproquement comme le diamétre C D est au diamétre A B. Car, soit la ligne a égale au diamétre A B, & la ligne b égale au diamétre C D; & les lignes a, b, c, d, étant continuellement proportionnelles, soit tirée la ligne e, moyenne proportionnelle aux deux b & c, cette ligne sera aussi moyenne proportionnelle entre a & d. Soit encore la boule F éga-

égale en volume à la boule AB, & de même matiére que la boule CD. Or la viteſſe complette de la boule A B ſera à celle de la boule CD, en la raiſon composée de celle de la boule A B à celle de la boule F, & de celle de la boule F à celle de la boule C D. Mais, par la Propoſition vingt-huitiéme de la ſeconde Partie, la viteſſe complette de la boule A B ſera à celle de la boule F comme la ligne *d* à la ligne *e* moyenne proportionnelle entre *a* & *d*, parce que leurs poids ſont en la raiſon du volume de la boule C D au volume de la boule F, c'eſt à dire en raiſon triplée des diamétres CD, AB; & *d* eſt à *a*, par la conſtruction, en la même raiſon triplée du diamétre C D au diamétre AB. Mais, par la Propoſition vingt-huitiéme, la raiſon de la viteſſe complette de la boule F ſeroit à celle de la boule C D, en la raiſon de la même ligne *e* à la ligne *c*, c'eſt à dire en la raiſon ſous-doublée de *b* à *c*, qui eſt la même que la raiſon ſous-doublée du diamétre A B au diamétre C D. Or la raiſon composée de ces deux raiſons *d* à *e* & *e* à *c* eſt la raiſon de *d* à *c* ou du diamétre C D au diamétre A B. Donc les boules de même poids &c. ce qu'il falloit prouver.

PROPOSITION XXXI.

ABC, DEF, ſont deux cones égaux & ſemblables & d'égale peſanteur, dont l'un eſt ſuppoſé tomber dans l'air par ſa baſe BC, & l'autre par ſa pointe F; je dis que la viteſſe complette du premier ſera moindre que celle de l'autre, ſelon la Propoſition, de DG demi diamétre de la baſe DE, au côté DF. Car, ſi un vent ſoufflant de bas en haut choquoit ces cones, la largeur des jèts ſeroit égale, ſavoir les baſes BC & DE. Mais, à cauſe du choc oblique contre le cone D E F, le même air qui le rencontrera, ſupportera un moindre poids que s'il choquoit directement la baſe B C, & ces poids ſeroient en raiſon ou proportion de D G à D F, par la Propoſition cinquiéme de la ſeconde Partie, en ſorte que ſi F D eſt quadruple de D G, il faudra que le cone ABC ſoit 4 fois plus peſant pour être ſoutenu de même que l'autre cone. Donc, par la Propoſition vingt-ſixiéme de la ſeconde Partie, le poids du cone A B C demeurant égal à celui de D E F, il ne faudroit pour le ſoutenir que la moitié de la viteſſe du vent qui ſoutiendroit le cone D E F tombant par ſa pointe; & par la Propoſition vingt-troiſiéme, le cone DEF aura ſa viteſſe complette double de celle du cone A B C, s'ils ſont égaux en peſanteur & qu'ils tombent ſelon ces poſitions; & afin qu'ils tombent avec des viteſſes égales, il faudra charger la baſe B C d'un tel poids, que le cone A B C avec ce poids ſoit 4 fois plus peſant que le cone DEF. On en a fait pluſieurs expériences, dans la premiére deſquelles, le côté D F étoit triple de DG, les cones étoient comme des cornèts de papier; on appliqua à la baſe BC une plaque de plomb, enfermée entre deux ronds de car- TAB. IV. Fig. 61.

ton, & on mit dans l'autre cone de petites balles de plomb pour charger la pointe F, jusques à ce que leur poids avec celui du papier fût le tiers de celui du cone A B C avec sa plaque de plomb. On laissa tomber ces cones disposez comme on le voit en la figure, d'une hauteur de cinquante piés à peu près, & ils arrivérent en même tems au bas de cette hauteur. Dans la seconde expérience, F D E étoit un triangle équilateral, & par conséquent F D étoit double de D G. On fit le cone A B C dans la même proportion, & on fit son poids double de celui de D E F: ces deux cones demeurérent toujours sensiblement à même hauteur en descendant d'une hauteur de 45 piés; mais, parce que le cone A B C se balançoit en sa descente & que cela changeoit un peu sa vitesse, on fit une troisiéme expérience, en laquelle on se servit seulement d'un carton rond égal à la base D E, & on mit au milieu une plaque de plomb dont le diamétre étoit égal au quart de D E, & ce poids avec le carton étant double du poids de D F E avec ses petites balles, on les laissa tomber de quarante-cinq piés de hauteur, & on n'y vit aucune différence sensible de vitesse pendant toute leur chûte; le carton rond demeurant toujours dans une situation horisontale. On a fait d'autres expériences dans lesquelles le côté D F étoit quatre ou cinq fois plus grand que le demi diamétre de la base, & ayant charges les cones selon ces proportions en la maniére ci-dessus, celui dont la base tomboit la premiére passoit un peu celui qui tomboit par sa pointe; dont la cause est, que le cone D E F étant fort long, avoit plusieurs petites éminences, qui étant choquées par l'air moins obliquement que le reste, retardoient un peu sa descente, joint à cela que l'air qui étoit entrainé par la base de ce cone en descendant, le retardoit aussi un peu, & plus à proportion que celui qui avoit sa pointe en haut. Il est même difficile que le vent, ou quelque irrégularité dans les figures, ne change un peu les précisions & l'exactitude des expériences.

CONSÉQUENCE.

Il suit de cette Proposition, qu'une boule descendra plus vîte & aura sa vitesse complette plus grande qu'un Cylindre de pareil poids qui auroit sa base égale au grand cercle de la boule, & qui en tombant auroit son axe perpendiculaire; parce que l'air choque obliquement les boules, & directement les Cylindres qui ont leurs bases horisontales.

On pourroit ici demander de quelle hauteur doit tomber un corps d'une certaine pesanteur, figure & position, pour acquerir sa vitesse complette; dans quel espace de tems il peut l'acquerir; & quelle doit être cette vitesse complette.

Ces Problêmes ou questions de Physique sont très-difficiles pour plusieurs raisons.

1°. Qu'on

1°. Qu'on n'en peut faire aucune expérience exacte, étant impossible d'observer précisément l'espace qu'un corps de pesanteur & de figure déterminée, passe en descendant de son point de repos en un tems déterminé, par exemple, si une balle de plomb d'un pouce de diamétre fait quatorze piés en une seconde, ou $13\frac{3}{4}$, ou $13\frac{1}{2}$ &c. par les mêmes causes qui empêchent de savoir, si la proportion de la réfraction de l'air à l'eau est comme de 3 à 4, ou comme de trois à 4 plus ou moins $\frac{1}{10}$, ou $\frac{1}{20}$, ou $\frac{1}{100}$, &c.

2°. Que, quand on fait les expériences en des lieux de différentes élévations, comme vers le sommet d'une haute montagne, ou dans des lieux souterrains; elles doivent être différentes, à cause des différentes condensations de l'air.

3°. Qu'on ne sait point si les corps beaucoup éloignez de la surface de la terre commencent à descendre avec la même vitesse que s'ils en étoient peu ou médiocrement éloignez.

4°. Que dans le commencement des chûtes, les corps très-différens en pesanteur descendent sensiblement avec des vitesses égales, à cause du peu de résistance que fait l'air à un petit mouvement: car l'on remarque qu'en une chûte de la hauteur d'un pié sur un pavé horisontal, une balle de plomb d'une livre, & une balle de bois de douze grains de pesanteur, paroissent tomber avec des vitesses égales, & frapper le pavé en même tems, si on les laisse tomber ensemble; & même on a observé que sous la Ligne Equinoctiale les pendules à secondes doivent être plus courtes, que dans les Païs situez vers le 50e. degré de latitude, & que par conséquent les corps pesants y tombent un peu plus lentement. De toutes ces difficultez il résulte, qu'on ne peut résoudre ces Problêmes qu'à peu près, soit par des raisonnemens, soit par des expériences, de même que les Astronomes ne peuvent déterminer qu'à peu près les distances des Astres, & leurs mouvemens. Voici ce que j'ai pû trouver de meilleur sur un sujet si difficile.

PROBLÉME.

Trouver le tems de l'accélération des boules de différentes grandeurs & de différentes matiéres, leurs vitesses complettes, & les espaces qu'elles passent en descendant en des tems donnez.

Je suppose, comme l'expérience le fait voir, à fort peu près, qu'une balle de plomb de six lignes de diamétre parcourt en descendant dans l'air par son propre poids, quatorze piés dans le tems d'une seconde; & que, si elle tomboit par un espace vuide, elle feroit quinze piés dans le même tems. Or, par la seconde supposition, les espaces passez en descendant par les corps pesants doivent être l'un à l'autre, comme

me les quarrez des tems de leurs chûtes, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air; & par cette raiſon, la balle devroit faire dans le vuide, 60 piés en deux ſecondes, & 135 en trois ſecondes. Mais la réſiſtance de l'air, qui lui fait perdre un pié dans la premiére ſeconde, lui feroit perdre pluſieurs piés dans les ſecondes ſuivantes, ſelon la proportion des mêmes quarrez des tems, ſi l'air ne réſiſtoit pas plus à une grande viteſſe qu'à une petite. Mais par cette cauſe, cette diminution des piés ſera plus grande, que ſelon la proportion des quarrez des tems: & parce que, ſuivant la doctrine de *Galilée*, la viteſſe acquiſe à la fin de la deuxiéme ſeconde doit être double de celle qui eſt acquiſe à la fin de la premiére ſeconde, & que celle qui eſt acquiſe à la fin de la troiſiéme en doit être triple, & ainſi de ſuite; la réſiſtance de l'air ſera double à la fin de la deuxiéme ſeconde, mais elle ne ſera que ſimple en ſon commencement, & elle augmentera par des degrez égaux. Il faut donc prendre celle qui ſera dans le milieu de cette deuxiéme ſeconde pour la réſiſtance moyenne: c'eſt à dire, que comme on n'ôteroit pas aſſez, ſi on n'ôtoit que quatre piés de ſoixante piés qui doivent être parcourus dans les deux ſecondes, & qu'on ôteroit trop, ſi on en ôtoit huit piés; puiſque la réſiſtance n'eſt double qu'à la fin des deux ſecondes, on peut prendre l'unité pour la premiére ſeconde, & $\frac{1}{2}$ pour la ſuivante, dont la ſomme $1\frac{1}{2}$ multipliant 4, le produit qui eſt ſix piés ſera la quantité qu'il faudra ôter des 60 piés que le mobile devroit paſſer en deux ſecondes, & ſuivant cette régle, il ne fera que 54 piés. On fera de même pour le tems de trois ſecondes, & on ôtera de 135 piés produit de 15 par 9, quarré de 3, 18 piés, produit de 9 par le nombre 2, qui eſt compoſé de la premiére unité pour la premiére ſeconde, & d'une autre unité pour la moitié des deux autres ſecondes: ce nombre 18 étant ôté de 135, il reſtera 117, qui ſera le nombre des piés que la balle de plomb fera en 3 ſecondes. Pour le tems de 4 ſecondes, on prendra $2\frac{1}{2}$ nombre compoſé de la premiére unité & de la moitié des trois autres unitez, & on multipliera par ce nombre le quarré de 4, ſavoir 16: le produit ſera 40, qu'il faudra ôter de 240 produit de 16 par 15; le reſte 200, ſera le nombre des piés que la balle parcourra de haut en bas en quatre ſecondes, & ainſi de ſuite. Voici des Tables faites ſur cette hypothéſe, par leſquelles on connoitra combien une balle de plomb de ſix lignes de diamétre paſſera de piés en chaque ſeconde en deſcendant; combien elle en paſſera dans tel nombre de ſecondes qu'on voudra choiſir; quand elle ceſſera d'accélérer ſon mouvement; quelle ſera ſa viteſſe complette; & combien elle parcourra de piés avant que de l'acquérir.

PRE-

PREMIÉRE TABLE.

Nombre des ſecondes.	*Eſpaces paſſez en une ou 2 ou 3 ſecondes &c.*
1	14
2	54
3	117
4	200
5	300
6	414
7	539
8	672
9	810
10	950
11	1089

SECONDE TABLE.

Secondes.	*Eſpaces paſſez en chaque ſeconde.*
1	14
2	40
3	63
4	83
5	100
6	114
7	125
8	133
9	138
10	140
11	139

Ces nombres 40, 63, 83, &c. de la ſeconde Table, ſont les différences de ſuite des nombres ſupérieurs, 14, 54, 117, &c. Ainſi 40 eſt la différence de 14 & de 54; 63 eſt la différence de 117 & de 54, &c; & la ſomme de tous ces nombres enſemble, 14, 40, 63, &c. de la ſeconde Table, eſt 1089 piés, qui eſt le même que l'eſpace paſſé en íí dans la premiére Table.

On connoîtra par cette Table, que l'accélération du mouvement de la balle en tombant finit à peu près à la moitié de la 11ᵉ. ſeconde, parce qu'en continuant la Table, il vient à la 11ᵉ. ſeconde 139, qui eſt un nombre moindre que 140: on peut donc prendre 140 ou 141 piés pour cette viteſſe complette. D'où il s'enſuit, qu'une balle de plomb de

six lignes de diamétre de quelque hauteur qu'elle puisse tomber, ne percera pas un aix épais d'un pouce, puisque sa vitesse ne peut être qu'environ la septiéme partie de celle que lui donne un mousquet ou un pistolet. Voici comme on peut prouver que la vitesse qu'une arme à feu donne à une balle de plomb de 6 lignes, est plus de sept fois plus grande que celle qu'elle peut acquérir en tombant. On a trouvé par plusieurs expériences que le son fait 1080 piés à peu près en une seconde, en comptant le tems qu'il y a entre le moment que le feu d'un canon paroît, lors qu'on en est éloigné de 1500 ou de 1600 toises, & son bruit qu'on entend en suite. On a aussi trouvé que le son, quoiqu'il devienne plus foible selon les distances, ne diminuë rien de sa vitesse. Pour comparer cette vitesse du son à celle d'une balle poussée par une arme à feu, j'ai observé qu'étant à côté & un peu au delà d'un aix contre lequel quelques arquebusiers tiroient de 200 piés de distance, j'entendois le coup & je voyois l'éclat du bois en un même instant: & parce que la vitesse des balles diminuë depuis qu'étant hors du canon, le ressort de la flamme de la poudre cesse d'accélérer leur mouvement; il s'ensuit qu'à deux ou trois piés de distance du canon, elles alloient plus vîte qu'étant à 200 piés, & par conséquent qu'elles avoient leur vitesse égale à celle du son, quand elles en étoient à environ 100 piés de distance; qu'elles l'avoient plus grande quand elles en étoient à 50 piés ou à 25 piés &c. & moindre quand elles avoient parcouru 150 piés ou 200 piés. Puis donc qu'une balle de plomb de six lignes peut avoir une vitesse à faire plus de 1080 piés en une seconde, & qu'en tombant, la vitesse qu'elle acquiert n'est que de 140 ou de 141 piés; il est évident que cette derniére vitesse est moindre que la septiéme partie de l'autre.

Or si on suppose que cette vitesse complette de 140 piés par seconde convienne à une balle de plomb de six lignes, on trouvera que la vitesse complette d'une balle de cire de la même grosseur sera de 42 piés à peu près. Car le poids de la balle de cire sera à celle de plomb de même volume, comme 1 à 11. Donc, par la Proposition 25^e^. la vitesse complette de la balle de plomb, sera à celle de la balle de cire, comme 11 à 3 $\frac{1}{3}$ moyen proportionnel à peu près entre 11 & l'unité; & divisant 140 par 3 $\frac{1}{3}$, le quotient 42 piés sera la vitesse complette de cette balle de cire. On trouvera le même nombre 42 à peu près par la même méthode qu'on a trouvé les 140 de la balle de plomb, en supposant que la balle de cire fait douze piés en la premiére seconde en tombant par sa propre pesanteur: car, puisque dans la premiére seconde elle perd 3 piés des quinze qu'elle feroit dans le vuide, elle perdra en la seconde suivante, 4 fois 3 piés, ou 12 piés, qu'il faudra multiplier par 1 $\frac{1}{2}$ comme pour la balle de plomb, & on aura 18, qu'on ôtera de 60 produit de 4 par 15; le reste sera 42 pour deux secondes, & 30 piés pour la seule deuxiéme seconde. Pour la troisiéme seconde, on ôtera de 135 produit de 9 par 15, 54 produit

duit des 3 nombres 3, 9 & 2; le reste sera 81 : & ôtant 42 de 81, le reste sera 39, & ainsi de suite. Voici une Table de cette progression.

TROISIÉME TABLE.

Secondes.	*Espaces passez en chaque seconde.*
1	12
2	30
3	39
4	39

On connoît par cette Table que la balle de cire de six lignes acquiert sa vitesse complette en 3 secondes & demi à peu près, puisque la quatriéme seconde entiére ne donne point d'augmentation, & qu'on peut prendre 41 ou 42 piés par seconde pour la vitesse complette de cette balle de cire, qu'on suppose être chargée de sable menu, en sorte que sa pesanteur spécifique soit égale à celle de l'eau.

Si l'on veut savoir la vitesse complette d'une balle d'or de six lignes de diamétre, on multipliera 11 par 18, (ces nombres marquent les pesanteurs spécifiques du plomb & de l'or, à l'égard l'un de l'autre) le produit est 198, dont la racine quarrée est à peu près 14 $\frac{1}{14}$. Or, comme 11 est à 14 $\frac{1}{14}$, ainsi 140 en une seconde est à 181 à peu près; par où l'on connoitra, suivant la Proposition vingt-cinquiéme, que la vitesse complette d'une balle d'or de six lignes est de 181 piés par seconde. On trouvera à peu près le même nombre, si on fait une Table comme les deux précédentes, en supposant que la balle d'or passe en la premiére seconde 14 piés $\frac{1}{7}$ au lieu des 14 piés qu'on a supposé pour le plomb, cette Table donnera environ 13 secondes pour le tems de l'accélération, & environ 1600 piés pour la hauteur d'où doit tomber cette balle d'or, pour acquérir sa vitesse complette, qu'on trouvera par cette Table être d'environ 178 piés, au lieu des 181.

A l'égard des corps peu pesants, comme le liége, le coton, les boules creuses de papier, les bouteilles de savon, &c. on trouvera aisément leurs vitesses complettes, en supposant 42 piés pour celle de la boule de cire de six lignes; car ayant trouvé par expérience qu'une balle de liége de six lignes ne pése que le quart de celle de cire, on trouvera par la vingt-cinquiéme Proposition, que sa vitesse complette sera de 21 piés.

On ne peut faire les Tables de ces vitesses médiocres par des secondes entiéres, parce qu'elles acquiérent leur vitesse complette en moins de trois secondes; mais on en peut faire par des quarts de seconde en la maniére suivante.

Si on suppose que les corps inégaux en pesanteur font 15 piés en une

ne seconde en tombant par un espace vuide, & que selon la doctrine de *Galilée*, ils passeroient trois piés neuf pouces en une demi seconde, & 11 pouces $\frac{1}{4}$ en un quart de seconde; & que la résistance de l'air fasse perdre à une boule de liége de 6 lignes, $\frac{5}{4}$ de pouce de ces 11 $\frac{1}{4}$, en un quart de seconde; elle ne fera que 10 pouces au premier quart, & on continuëra aisément la Table par la méthode ci-dessus.

QUATRIÉME TABLE.

Pour une balle de liége de six lignes.

Quarts de seconde.	*Espaces passez en chaque quart de seconde.*
1	10 pouces
2	27 $\frac{1}{2}$
3	41 $\frac{1}{4}$
4	51 $\frac{1}{4}$
5	57 $\frac{1}{8}$
6	60
7	58 $\frac{3}{4}$

On voit par cette Table qu'une balle de liége de 6 lignes acquiert en moins d'une seconde $\frac{3}{4}$ sa vitesse complette, en tombant d'environ 21 piés, & qu'on peut la supposer de 61 pouces en un quart de seconde, c'est à dire de vingt piés 4 pouces en une seconde, au lieu des 21 qu'on a trouvé en supposant 42 piés pour la balle de cire. De là on peut juger que les corps peu pesants, comme le cotton, les plumes &c. acquiérent leur vitesse complette en 1 seconde.

On trouvera de même par la 25^e^. Proposition, qu'une goute d'eau de deux lignes $\frac{2}{3}$, qui est la grosseur ordinaire des goutes d'eau, aura environ 28 piés pour sa vitesse complette; car, puisque celle d'une balle de cire de six lignes, dont la pesanteur spécifique est supposée égale à celle de l'eau, est de 42 piés, si on multiplie 6 par 2 $\frac{2}{3}$ le produit sera 16 dont la racine est 4, & 42 est à 28 comme 6 à 4. Que si on suppose qu'une bouteille d'eau de savon de 36 lignes de diamétre, ait été faite d'une goute d'eau de 2 lignes $\frac{2}{3}$, on trouvera par la 27^e^. Proposition que sa vitesse complette sera de 2 piés $\frac{2}{27}$; car 36 est à 2 $\frac{2}{3}$ comme 28 à 2 piés $\frac{2}{27}$.

AVERTISSEMENT.

Il est manifeste que les Tables ci-dessus ne sont point dans la derniére précision, puisqu'en continuant la deuxiéme de la balle de plomb jusques à la douziéme seconde, le nombre de cette 12^e^. seconde seroit moindre que celui de la

la 10e. & qu'en continuant celle de la balle de cire jusques à la cinquiéme seconde, cette 5e. seconde donneroit moins que la troisiéme. Cependant il s'y trouve un équivalant si juste, qu'elles s'accordent toutes à fort peu près aux expériences, comme on le verra dans la suite; & on peut les recevoir, en attendant qu'on trouve des hypothéses plus justes.

Il est très-difficile de faire des expériences pour savoir les vitesses complettes des balles de plomb, parce qu'on auroit beaucoup de peine de trouver une hauteur perpendiculaire de 950 piés; il seroit même fort difficile de les voir à la fin de leurs chûtes à cause de leur grande vitesse: il faut donc se servir de quelques balles de bois de liége ou de quelque boule creuse de papier, pour un premier fondement des vitesses complettes des autres corps; car ces balles prenant des vitesses complettes médiocres, il sera aisé de mesurer les espaces & les tems de leurs chûtes.

Pour en faire les expériences bien justes, il faut choisir une tour de 80 ou de 100 piés de hauteur, & laisser tomber une balle de cotton d'un pouce de diamétre du plus haut endroit qu'on pourra, du côté qui regarde le Midi, lorsque le Soleil luit, & que le vent vient du Nord ou du Nord-Est; & après avoir remarqué à peu près les piés qu'elle fait en la premiére seconde, par exemple 8 piés, on pourra faire des divisions égales de neuf piés chacune depuis le bas de la tour jusqu'aux deux tiers; & parce que les ombres du soleil sont considérées comme parallelles, si la vitesse complette de la boule est de neuf piés, on pourra remarquer assez précisément par son ombre si elle passera neuf piés à chaque seconde, après avoir passé le tiers de la hauteur de la tour. Que si elle passe chaque division en plus d'une seconde, ou en moins d'une seconde; on pourra diminuer ou augmenter la grandeur de chaque division & les faire enfin telles que l'ombre de la boule en passe une en chaque seconde: On prendra la grandeur d'une de ces divisions pour la vitesse complette de cette boule legére, par le moyen de laquelle on trouvera les vitesse complettes de toutes les autres boules, par les Propositions 25e, 26e, 27e & 28e. J'ai fait plusieurs expériences avec des personnes fort intelligentes, sur les tems des chûtes de plusieurs boules différentes en volume & en pesanteur spécifique; dont voici les plus exactes.

EXPÉRIENCES POUR LES CHUTES DES CORPS PESANTS.

On a choisi pour faire ces expériences le noyau vuide de l'escalier à vis de la cave de l'Observatoire, dans le milieu duquel on peut laisser tomber des balles depuis le haut de la plate-forme qui couvre tout le Bâtiment, y ayant à chaque étage des ouvertures rondes de même grandeur que celle de l'escalier, & directement au dessus, elles ont chacu-

ne trois piés de diamétre. On avoit mis à un demi pié plus haut que le fond de ce noyau, un aix de 2 piés & demi de largeur en ſituation horiſontale, ſur lequel on laiſſoit tomber les balles; il y avoit 163 piés $\frac{1}{2}$ depuis l'aix juſques au pavé de la plate-forme, & on tenoit les balles, avant que de les lâcher, trois piés plus haut que l'ouverture, ce qui faiſoit une hauteur de 166 piés $\frac{1}{2}$. Celui qui faiſoit l'expérience tenoit la balle de plomb d'un pendule à demi ſecondes, entre le pouce & le premier doigt, & il avoit la balle qui devoit tomber, entre le même pouce & le ſecond doigt, de maniére qu'en ouvrant la main il laiſſoit aller les deux balles en même tems. On comptoit les demi ſecondes juſques à ce qu'on entendit le coup de la balle qui frappoit l'aix. On en fit pluſieurs expériences avec des balles de plomb de ſix lignes de diamétre, & entre le plus & le moins on trouva que le tems de leurs chûtes étoit de ſept demi ſecondes & un quart de ſeconde, c'eſt à dire trois ſecondes 3 quarts. Mais, parce que le bruit fait 180 piés en un ſixiéme de ſeconde, car il fait 1080 piés à fort peu près en une ſeconde, il faut ôter un peu moins qu'un 6e. de ſeconde de ces trois ſecondes $\frac{3}{4}$, parce qu'il n'y avoit que 166 piés $\frac{1}{2}$ de diſtance au lieu des 180; le reſte eſt 3 ſecondes $\frac{8}{13}$ à fort peu près. Or ſuivant la premiére Table il faut prendre le quarré de 3 $\frac{8}{13}$, qui eſt environ 13 $\frac{1}{14}$; ſon produit par 15 eſt 196 $\frac{1}{14}$, dont il faut ôter le produit de 13 $\frac{1}{14}$ par 2 & $\frac{4}{13}$, ſuivant la régle de la conſtruction des Tables; ce produit eſt environ 30 $\frac{1}{6}$, lequel étant ôté de 196 $\frac{1}{14}$, il reſtera un peu moins de 166 piés au lieu des 166 piés & demi de diſtance juſques à l'aix. On laiſſa tomber en ſuite les mêmes balles depuis le veſtibule qui eſt au rez de chauſſée du bâtiment; la diſtance juſqu'à l'aix étoit de 87 piés & demi; les balles parcouroient cét eſpace en deux ſecondes & ſept douziémes entre le plus & le moins, aprés en avoir ôté le tems qui convient au mouvement du ſon dans cét eſpace. Ces expériences ſe trouvent conformes à peu près à la même premiére Table: car le quarré de 2 $\frac{7}{12}$ eſt 6 $\frac{2}{3}$ & un peu plus; le produit de 6 $\frac{2}{3}$ par 15 eſt 100, dont il faut ôter le produit de 6 $\frac{2}{3}$ par 1 $\frac{19}{24}$; ce produit eſt 11 $\frac{17}{18}$; 100 moins 11 $\frac{17}{18}$ eſt 88 $\frac{1}{18}$, au lieu des 87 piés $\frac{1}{2}$.

SECONDES EXPERIENCES.

On laiſſa tomber ſur le même aix, depuis trois piés au deſſus du pavé de la grande ſale, une balle de cire de 6 lignes de diamétre chargée d'un peu de ſable, en ſorte que ſa peſanteur ſpécifique étoit égale à celle de l'eau; la diſtance étant meſurée ſe trouva de 126 piés $\frac{1}{2}$; la balle employa 4 ſecondes & $\frac{1}{5}$ avant qu'on entendit le coup ſur l'aix; ôtez de ce tems, $\frac{1}{9}$ de ſeconde pour le tems du mouvement du ſon, il reſtera 4 ſecondes $\frac{1}{11}$ à peu près; cette balle ſuivant la troiſiéme Table devoit paſſer 81 piés en trois ſecondes, & 40 piés pendant la 4e. ſeconde,

de, & y ajoutant $\frac{1}{11}$ de 42, ſavoir 4 à peu près, la ſomme ſera 126 au lieu des 126 $\frac{1}{2}$. On laiſſa tomber enſuite la même balle, depuis le haut du grand eſcalier juſques ſur un aix qui étoit au deſſous à 71 piés de diſtance; elle paſſa cét eſpace en 2 ſecondes $\frac{2}{3}$ à peu près, conformément à la troiſiéme Table.

TROISIÉMES EXPÉRIENCES.

On laiſſa tomber de la même hauteur de 71 piés une balle de liége de ſix lignes de diamétre; elle paſſa cét eſpace en 4 ſecondes. Cette balle, ſuivant la 4ᵉ. Table, acquiert ſa viteſſe complette en 2 ſecondes, & cette viteſſe par raport à celle de la balle de cire eſt de 21 piés. Si donc on prend 11 piés pour la 1ᵉ. ſeconde, 19 pour la deuxiéme, & 42 pour les deux ſuivantes; la ſomme ſera 72, au lieu de 71.

On laiſſa tomber de la même hauteur une balle de cire de huit lignes. Sa viteſſe complette, par la 28ᵉ. Propoſition, eſt de 49 piés par ſeconde. Elle paſſa les 71 piés en 2 ſecondes $\frac{1}{2}$ un peu moins. Si donc on prend 13 piés pour la premiére ſeconde, 35 pour la deuxiéme, & 24 $\frac{1}{2}$ pour la demi ſeconde reſtante; la ſomme ſera 72 $\frac{1}{2}$, dont il faut ôter 1 $\frac{1}{2}$, parce que la demi ſeconde n'étoit pas entiére.

On laiſſa encore tomber de la même hauteur une balle de liége de 12 lignes de diamétre; elle paſſa les 71 piés en ſix demi ſecondes & la moitié d'une demi ſeconde, c'eſt à dire 3 ſecondes $\frac{1}{4}$; ſa viteſſe complette eſt de 29 $\frac{2}{3}$ par la 28ᵉ. Propoſition, celle de la balle de ſix lignes de même matiére étant de 21 piés. On trouvera les 71 piés à peu près, en prenant 12 piés pour la premiére ſeconde, 24 pour la deuxiéme, 28 pour la troiſiéme, & 7 $\frac{1}{2}$ pour le quart de 29 $\frac{2}{3}$.

On a fait pluſieurs autres expériences ſur ces balles de cire & de liége, dans quelques unes deſquelles il a paru que les nombres de la troiſiéme & quatriéme Table étoient un peu trop petits, & qu'on pouvoit mettre dans la 3ᵉ. 12 piés $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{6}$, au lieu de 12 qu'on a mis pour la facilité du calcul, 32 pour 30 à la deuxiéme ſeconde, & 43 ou 44 pour la viteſſe complette au lieu de 42; & à l'égard des balles de liége de 6 lignes, on a auſſi conjécturé qu'on pouvoit prendre 11 $\frac{1}{2}$ piés pour la 1ᵉ. ſeconde, 20 $\frac{1}{2}$ pour la deuxiéme, environ 22 pour ſa viteſſe complette, & 31 pour celle de la balle de 12 lignes. Ceux qui en voudront faire des expériences dans de grandes hauteurs de 200 ou 300 piés, le pourront vérifier.

Ce qui eſt le plus difficile dans ces expériences eſt de bien obſerver le tems des chûtes; car il eſt comme impoſſible de s'empêcher de tomber en erreur d'un huitiéme ou d'un 10ᵉ. de ſeconde.

Il eſt bon de remarquer ici qu'il faut faire les expériences des tems des chûtes des corps très-legers dans des lieux fermez, où il ne ſe faſſe point ou très-peu de mouvement d'air; car leur viteſſe en ſeroit au-

gmentée ou retardée considérablement. On peut aussi remarquer qu'encore qu'une balle de plomb de 2 pouces ait sa vitesse complette deux fois plus grande qu'une de six lignes, par la 28e. Proposition; elles passent pourtant un espace de plus de 50 piés avec des vitesses sensiblement égales, ce qui n'arrive pas à des balles de liége; car on a observé qu'une balle de cette matiére, d'un pouce, en passa une de six lignes, d'environ six piés dans une chûte de quarante-cinq piés. Cette différence procéde de ce que l'air résiste très peu à une balle de plomb quand elle n'a qu'une vitesse de 30 ou 35 piés en une seconde; car cette vitesse n'est qu'environ le quart de celle qu'elle peut acquérir: au lieu que la balle de liége de six lignes acquiert toute sa vitesse qui n'est que de 21 piés par seconde, en 31 piés, qu'elle passe en deux secondes; & par conséquent l'air lui résiste beaucoup, & la différence de cette résistance à l'égard de celle qui retarde la balle de liége de 12 lignes, est fort considérable dans un espace de 45 piés.

QUATRIÉMES EXPÉRIENCES.

On laissa tomber de 80 piés de hauteur en un même moment, une boule de cire de trois pouces de diamétre, & une de six pouces; elles allérent jusques à 30 piés avec une vitesse sensiblement égale; mais à la fin de leurs chûtes, la grosse passa de six ou sept piés la petite.

On laissa tomber ensemble de la même hauteur une boule de mail & un boulet de canon d'une même grosseur; ils descendirent jusques à 25 piés également vîte; le boulet étant à 50 piés passa la boule de mail d'environ deux piés, & au bas de la chûte de plus de quatre piés.

Pour savoir quelle grosseur doit avoir un boulet de plomb pour pouvoir acquérir en tombant une vitesse égale ou plus grande que celle du son, qui est à peu près la même qu'elle auroit à la sortie d'un canon; il faut diviser par 140, nombre des piés de la vitesse complette d'une balle de plomb de six lignes, 1080 piés qui est la vitesse du son; le quotient est un peu moins que huit. Si donc on prend un troisiéme proportionnel aux nombres un & huit, savoir soixante-quatre; on connoitra que le boulet doit avoir son diamétre soixante-quatre fois plus grand que celui de la balle de six lignes, & qu'il sera de trente-deux pouces: Car en multipliant cent quarante piés par huit, le produit sera 1120 piés, qui sera la vitesse complette du boulet de trente deux pouces. Mais il faudroit, pour acquérir cette vitesse, plus de 40 secondes de tems, & une hauteur de plus de 22000 piés, comme on le pourra connoitre à peu près, en faisant une Table semblable à la premiére, après avoir supposé que ce gros boulet ne perdroit qu'un pouce, par la résistance de l'air, des 15 piés qu'il devroit parcourir par le vuide en une seconde.

FIN.

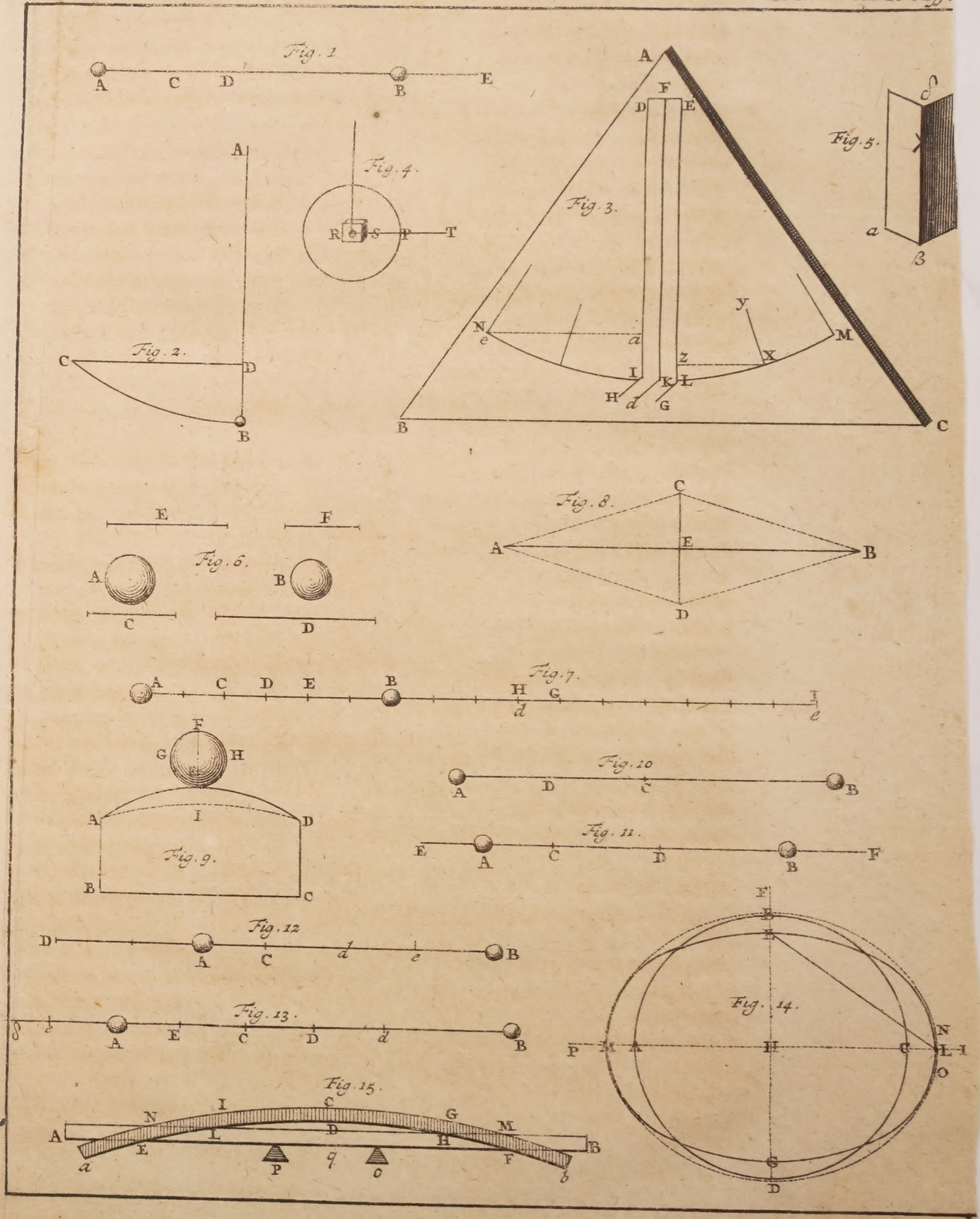


Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.

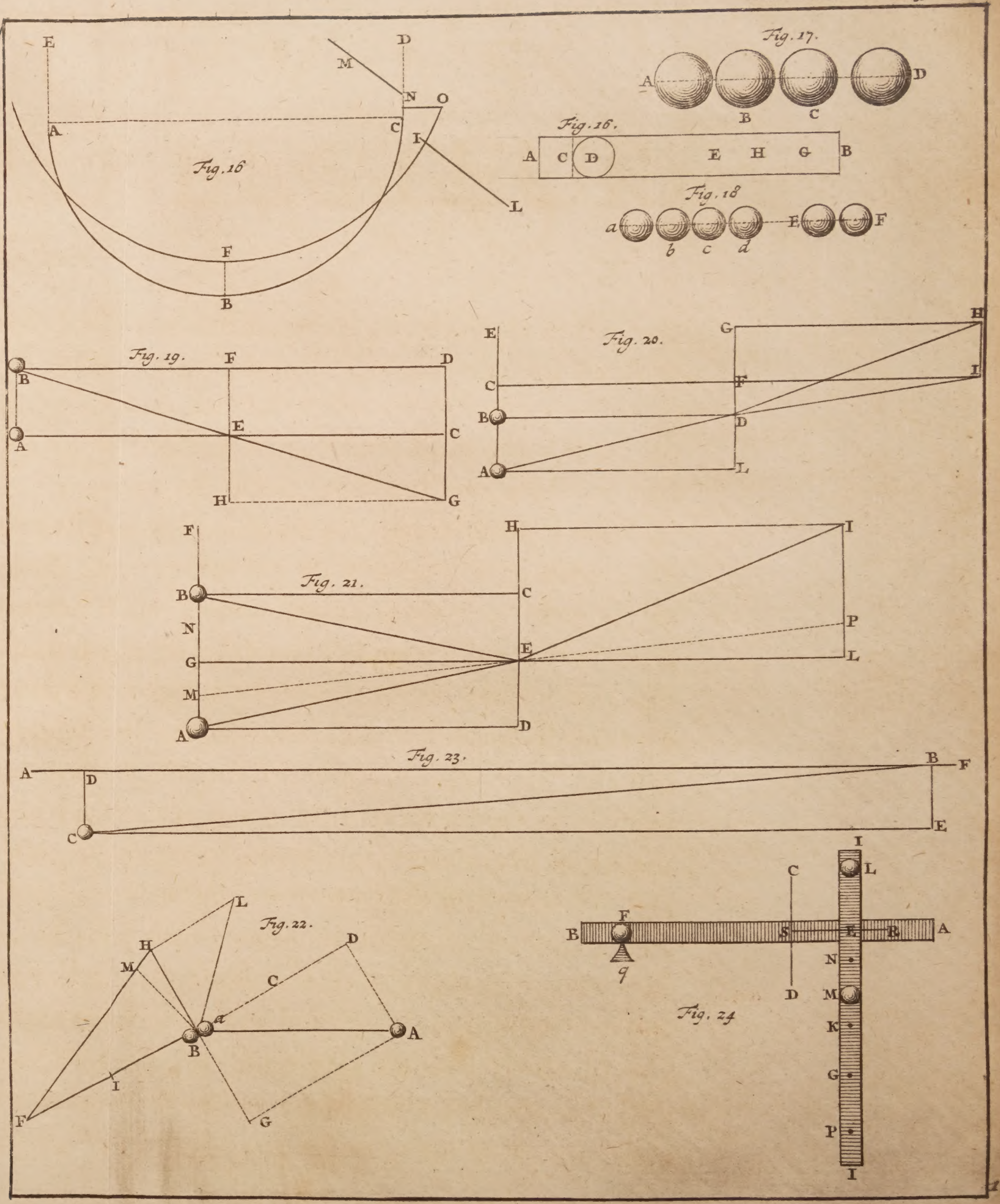


Fig. 16
Fig. 17.
Fig. 16.
Fig. 18
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 23.
Fig. 22.
Fig. 24

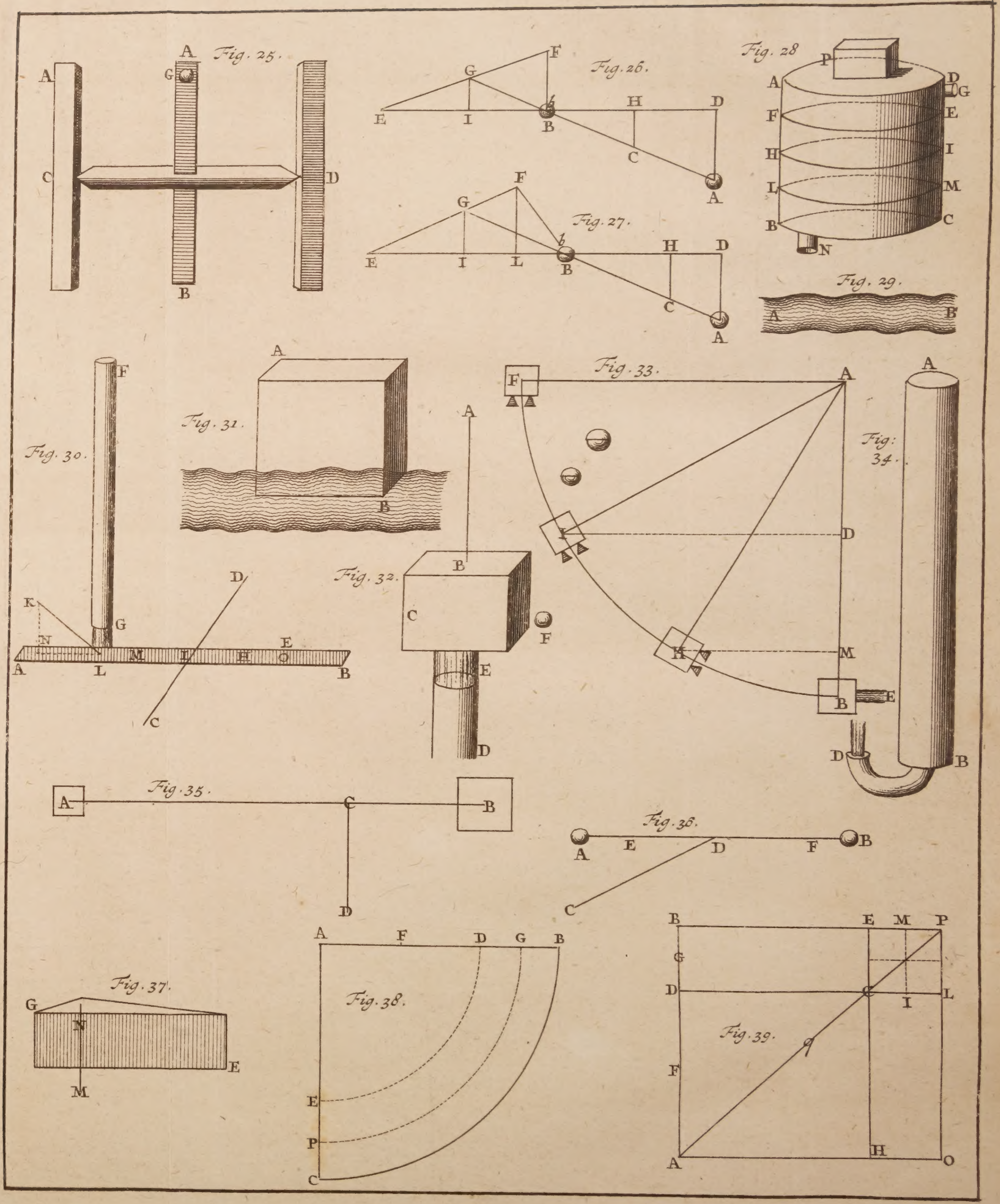


Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig: 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.

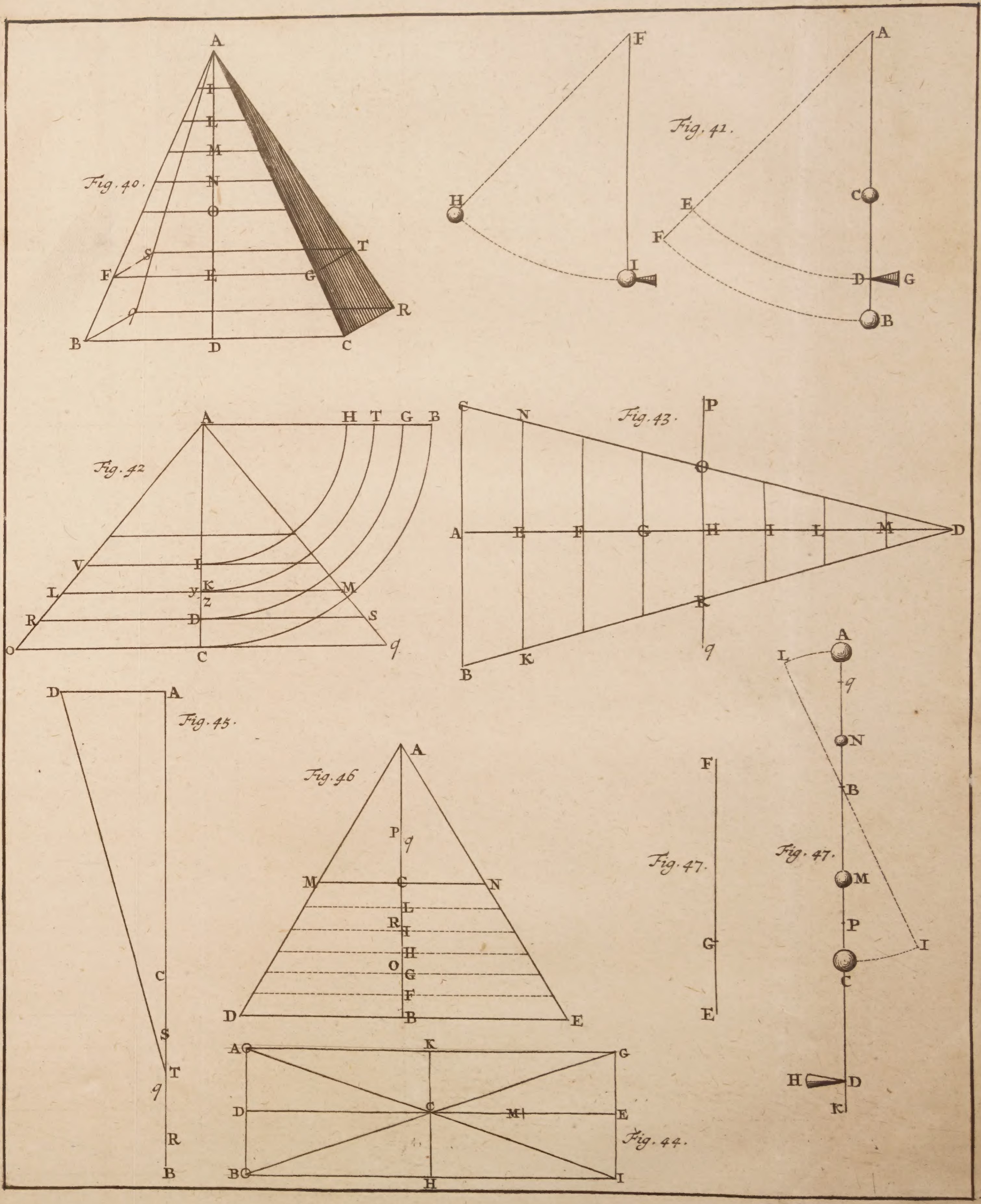


Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 47.

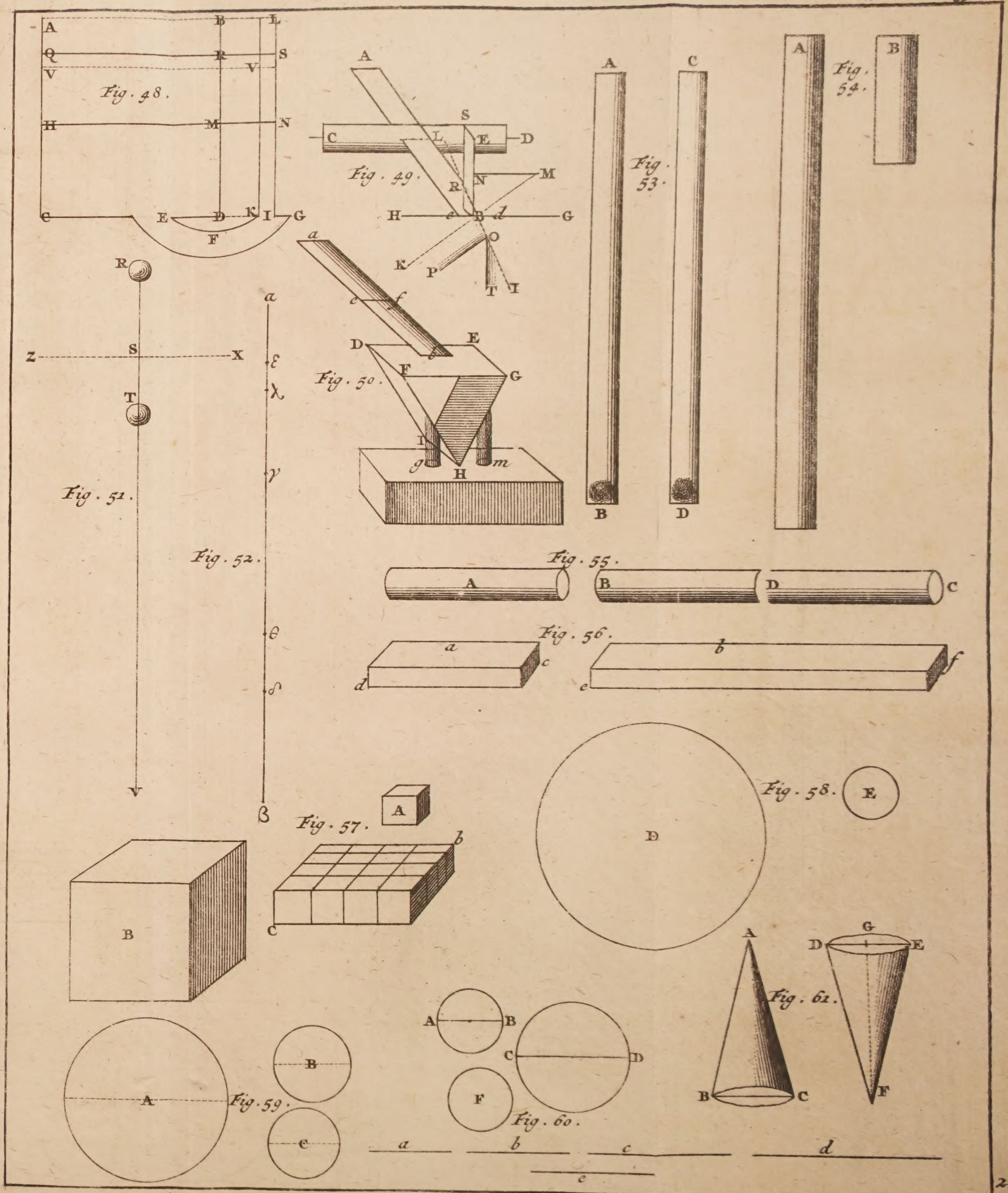
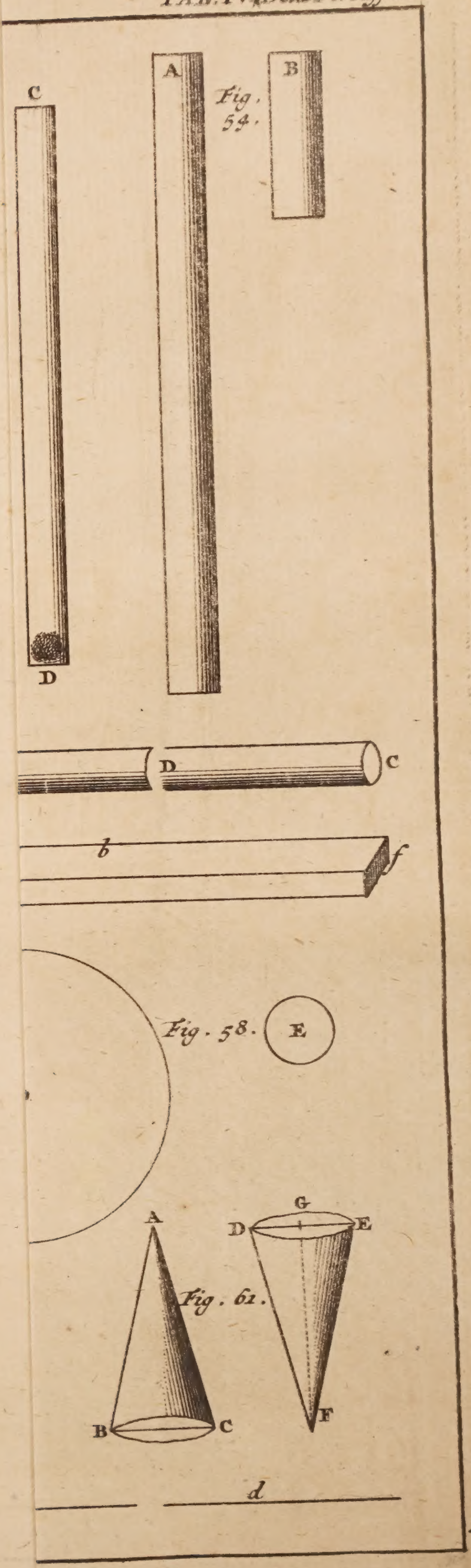


Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 61.


C
A
B
Fig. 54.
D
D
C
b
f
Fig. 58.
E
G
D
E
A
Fig. 61.
B
C
F
d

ESSAIS
DE
PHYSIQUE,
OU
MÉMOIRES POUR SERVIR A LA SCIENCE DES CHOSES NATURELLES.

PREMIER ESSAI.
DE LA
VEGETATION
DES
PLANTES.

Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Royale des Sciences.

LETTRE
ÉCRITE A
MONSIEUR LANTIN,
CONSEILLER AU PARLEMENT DE BOURGOGNE, SUR LE SUJET DES PLANTES.

PREMIÉRE PARTIE.

DES ELEMENS OU PRINCIPES DES PLANTES.

VOus désirez, *Monsieur*, que je vous fasse savoir mes sentimens sur le sujet des *Plantes*; c'est à dire, que je vous explique quels sont les Elémens ou principes dont elles sont composées, de quelle maniére elles se nourrissent, & enfin quelles sont les causes de leurs qualités différentes, & de leurs vertus, tant salutaires que nuisibles. Mais, c'est une entreprise qui me semble très-difficile, & je vois tant de doutes & d'obscuritez dans cette matiére, que je n'ose vous promettre de la pouvoir suffisamment éclaircir, ni de vous en donner des connoissances plus belles & plus assurées que celles que vous avez. Voici tout ce que j'en ai pû apprendre, tant par mes expériences particuliéres, que par celles que j'ai vû faire dans le laboratoire de *l'Académie Royale des Sciences*.

Ma premiére Hypothèse est, qu'il y a plusieurs principes grossiers & visibles des Plantes, comme l'eau, le soufre ou huile, le sel commun, le salpètre, le sel volatile ou armoniac, quelques terres, &c. Et que ces principes grossiers sont composés eux-mêmes de trois ou quatre principes plus simples, qui sont naturellement joints ensemble; par exemple, le salpétre a son flegme ou eau insipide, son esprit, son sel fixe, &c; le sel commun a son flegme, son esprit, son sel fixe, &c. Et on peut croire avec beaucoup de vrai-semblance, que ces principes plus simples sont encore composés de quelques parties différentes entre elles, tellement petites, qu'on ne peut les appercevoir par aucun artifice, ni déterminer quelles sont leurs figures & leurs autres propriétez.

Premiére Hypothèse sur les Principes des Plantes.

Idée des noms de fixe, volatile, esprit, &c.

Mais, dautant que les noms de fixe, volatile, esprit, &c. ne sont pas communs, & que plusieurs Chimistes qui s'en servent, en ont souvent des idées confuses, & peu distinctes; je crois qu'il est nécessaire que je vous explique ici comme je les conçois.

On voit par les effets du grand Miroir Concave, qui est dans la Bibliothéque du Roi, qu'il n'y a aucun corps qui ne se fonde à une extréme chaleur. Les terres, les talcs, les pierres, le plâtre, l'ardoise, la mine de plomb, la sanguine, le cristal de roche en poudre, & plusieurs autres matiéres se vitrefient en fort peu de tems, lors qu'on les expose au foyer de ce miroir; & il est très-vrai-semblable que celles dont on n'a pas encore fait l'expérience, se fondroient aussi: & parce qu'on voit fumer la plupart de ces matiéres avant que de se fondre, & qu'étant fonduës, elles bouillonnent; il est aisé de juger que ces effets procédent de quelques unes de leurs plus subtiles parties qui se volatilisent & se mettent en mouvement les unes après les autres.

On remarque aussi, que les corps qui paroissent les plus fixes, comme les pierres & les métaux, deviennent lumineux dans le feu: Or la lumiére procéde vrai-semblablement d'un mouvement très-rapide & très-violent; d'où l'on peut conclure, qu'alors quelques-unes des particules de ces corps se meuvent, & par conséquent qu'elles sont volatiles, ou du moins qu'elles le deviendroient enfin, si ces matiéres étoient exposées à un miroir qui fit des effets plus considérables que celui dont j'ai parlé.

On ne peut donc asseurer d'aucun corps qu'il soit véritablement dur ou fixe de sa nature. Toute-fois pour m'accommoder avec les Chimistes, j'appelle ici dur, ce qui se fond difficilement; fixe, ce qui ne s'éléve que par une très-grande chaleur; & volatile, ce qu'une chaleur médiocre peut faire élever. Mais il y a de différens degrès de dureté, de fixité, & de volatilité: car, par exemple, l'eau est plus volatile que le sel armoniac, & l'esprit de vin plus que l'eau; la terre se fond par la chaleur plus difficilement que les sels, &c.

Les Chimistes appellent esprits, les petites parties non aqueuses qui s'élévent des corps par la chaleur, & se reduisent en liqueur par la distillation, comme l'esprit de salpètre, l'esprit de vitriol, l'esprit de sel, &c.

Ils appellent aussi esprits, les liqueurs aqueuses qui se tirent par la distillation, lors qu'elles sont remplies & impregnées de quelques sels, ou de quelques autres principes actifs qui se sont élevés avec elles par la force du feu.

De l'union naturelle de quelques-uns de ces Principes.

On reconnoît l'union naturelle de quelques-uns de ces principes par les expériences suivantes.

Versez de l'esprit tiré du salpètre, sur du sel de tartre dissous en eau commune, ou sur un autre sel fixe de semblable nature que le sel de tartre, & vous verrés qu'il se fera une grande effervescence ou bouillonnement dans ces matiéres; ce qui procéde vrai-semblablement du mou-

mouvement violent de leurs très-petites parties, lors qu'elles s'accrochent les unes aux autres pour s'unir intimement enſemble, & faire un compoſé nouveau, ſemblable au premier ſalpêtre dont l'eſprit avoit été tiré. La même choſe arrive à l'eſprit de vitriol & à l'eſprit de ſel, lors qu'on les mêle avec les mêmes ſels fixes. Les eſprits acides des Plantes diſtillées étant verſez ſur le ſel volatile qui s'éléve de quelques-unes à la fin de la diſtillation, font auſſi une effervеſcence très-conſidérable, de même que les liqueurs diſtillées des terres, lors qu'on les verſe ſur de la brique. On reconnoît auſſi ce mouvement de réünion par les ſels des cendres, dont par la force du feu on a ſéparé l'eau & les autres principes ſimples auxquels ces ſels ſont joints ordinairement; car ils pénétrent dans les chairs des animaux, pour ſe rejoindre à ces principes. De là on peut juger, que le goût acide & pénétrant de l'eſprit de ſalpêtre & des autres eſprits ſéparés par la diſtillation, procéde de ce qu'ils pénétrent profondément dans la langue, & que la douceur qu'on trouve dans la plupart des fruits, procéde d'une union exacte des principes dont ils ſont compoſez; car lors qu'on en a laiſſé évaporer quelques-uns, le reſte devient acide & pénétre la langue. C'eſt par cette raiſon que l'hydromel & le vin doux deviennent aigres, lorſqu'on les laiſſe éventer, & que beaucoup de ces eſprits acides ont la force de diſſoudre les métaux & pluſieurs autres corps, en s'inſinuant dans leurs pores les plus étroits pour s'unir à ce qui leur eſt propre dans ces matiéres.

Je n'entens pas toutefois attribuer à ces principes une connoiſſance par laquelle ils cherchent à ſe réünir; mais je conçois qu'ils ont une diſpoſition naturelle à ſe mouvoir réciproquement pour cette union exacte, quand ils ſe touchent: & quoiqu'il ſoit très-difficile de déterminer quelle eſt cette diſpoſition, il ſuffit de ſavoir qu'il ſe trouve dans la nature beaucoup d'exemples de ces mouvemens. Ainſi les corps peſans ſe meuvent vers le centre de la terre; ainſi le fer ſe meut vers l'aimant; & ces mouvemens ne ſont guére plus difficiles à concevoir que ceux des Planétes dans leurs orbes, ou que celui du Soleil autour de ſon axe, ou du cœur dans un animal vivant.

Quelques Chimiſtes croyent qu'il y a dans la Nature un corps très-ſubtil qu'ils appellent Eſprit univerſel, lequel s'enſinuant dans diverſes matiéres, produit les principes groſſiers des corps: mais on peut avec plus de raiſon croire le contraire; c'eſt à dire, qu'il y a un ſel fixe, qui ſert de baze à ces principes, & que les eſprits différens les ſpécifient & les déterminent.

Baze de ces Principes, & ce qui les ſpécifie & les détermine.

Voici l'expérience que j'en ai vû faire. On prend trois portions égales de ſel de tartre; on verſe ſur la premiére de l'eſprit de ſel, ſur la ſeconde de l'eſprit de ſalpêtre, & ſur la troiſiéme de l'eſprit de vitriol, juſques à ce que ces matiéres ne faſſent plus d'effervеſcence; on laiſſe évaporer une partie des liqueurs, & on trouve dans le premier mélan-

ge, du véritable ſel de figure cubique, qui petille au feu & qui a ſenſiblement le goût du ſel commun : dans le deuxiéme, on trouve du véritable ſalpêtre en longues aiguilles, qui a le goût piquant & qui fulmine dans le feu; & dans le troiſiéme, du vitriol en figures exagones ou en pointes de diamant, & qui a les autres qualités du vitriol, horſmis qu'il n'eſt pas verd, & qu'il ne noircit pas la ſolution des noix de Galle: mais cela peut procéder de ce que la matiére métallique qui eſt mêlée avec le vitriol, & qui lui donne la couleur verte & la vertu de noircir, ne paſſe pas par l'alembic avec les eſprits.

Seconde Hypothèſe ſur les Principes des Plantes.

Ma ſeconde Hypothèſe eſt, que pluſieurs de ces principes groſſiers ſont dans chaque plante. Je prouve cette hypothèſe par les raiſons & par les expériences ſuivantes.

Premiére preuve de cette Hypothèſe.

La baſſe Région de l'air eſt remplie des plus ſubtiles parties de ces principes, leſquelles y ſont élevées par la chaleur du Soleil, ou par celle qui ſe trouve en pluſieurs lieux ſouterrains. Cela ſe prouve par le feu du Tonnerre, qui a un mouvement prompt comme celui du ſalpêtre enflammé, & qui fait ſentir une odeur de ſoufre dans les lieux où il tombe; ce qui fait connoitre qu'il eſt en partie composé de ces principes qui ont été élevés dans l'air. Les nuées ne ſont autre choſe que de petites particules d'eau qu'on appelle des vapeurs, & elles ſont mêlées de quelques petits corpuſcules des ſels, comme le remarquent quelquefois ceux qui demeurent dans le voiſinage de la Mer. Or ce ſoufre, ce ſalpêtre, ces ſels volatiles, &c. ſe mélent dans l'air avec les vapeurs aqueuſes, & retombent avec les pluïes formées de ces vapeurs ſur la ſurface de la terre : Ils la pénétrent enſemble juſques aux racines des plantes, où ils entrent avec quelques particules des terres qui rendent ces eaux boüeuſes; ce qui n'eſt pas difficile à croire, puiſque bien ſouvent le ſable menu qui ſe trouve auprès des racines des Plantes y entre avec l'eau des pluïes, comme on le reconnoît en mangeant des aſperges & des artichaux qui croiſſent dans de certaine terres ſablonneuſes.

Seconde preuve.

Cette ſeconde Hypothèſe ſe prouve encore par les diſtillations, & par les autres opérations de Chymie. Car, par leur moyen on tire de toutes les plantes de l'eau inſipide, que les Chymiſtes appellent flegme; des huiles inflammables; des eſprits qu'on appelle acides, parce qu'ils ſont reconnus par cette ſaveur; d'autres eſprits que quelques-uns appellent ſulphurez, mais par un nom impropre, puiſqu'ils ne ſont aucunement inflammables, je les appelle ici eſprits armoniaques: & lors qu'on fait brûler à un feu de réverbére les matiéres ſéches & noirâtres qui demeurent au fond des vaiſſeaux après les diſtillations, & qui ne ſont autre choſe qu'un compoſé de terres, de ſel, & de quelque portion huileuſe & ſulphurée qui étant trop viſqueuſe, ou trop engagée avec les terres & les ſels fixes, ne peut s'élever & devenir volatile qu'à un feu ouvert; il reſte des cendres, d'où l'on tire une terre inſipide, qui ne

ne ſe diſſoud pas dans l'eau, & des ſels fixes qui ſont différens les uns des autres par le mélange du plus ou du moins des eſprits acides & armoniaques, ou de quelques autres principes inconnus, que le feu n'a pû élever.

On diſtingue facilement l'eſprit armoniac des plantes, de leur eſprit acide, parce que le premier précipite en blancheur le ſublimé diſſous en eau commune, & qu'il fait efferveſcence avec l'eſprit de ſel; ce que la liqueur acide, qui eſt ordinairement plus peſante, ne fait point: mais elle a une autre propriété, qui eſt de rougir la teinture bleuë du tourneſol, ce que l'eſprit armoniac ne fait point.

On peut conjecturer que l'eſprit ardent eſt un mélange de l'eſprit de ſel armoniac, & des parties les plus inflammables & les plus legéres de l'huile; car il ſe mêle avec l'eau, à cauſe de ſon ſel & de ſa ténuité, au lieu que les huiles groſſiéres nagent ordinairement ſur l'eau & ne s'y mêlent pas.

On voit auſſi à la fin de quelques diſtillations, des ſels volatiles attachés au vaiſſeau de verre qui reçoit les eaux diſtillées, & ces ſels ont beaucoup de rapport à l'eſprit leger qui trouble le ſublimé, lequel eſprit n'eſt vrai-ſemblablement autre choſe que le mélange des plus ſubtiles parties des ſels volatiles, avec les eaux qui s'élévent dans les diſtillations, comme l'acide peut être pris pour les plus legéres parties de l'alun ou du ſalpêtre, &c. qui entrent dans la compoſition des Plantes.

Il ne faut pas croire que le feu produiſe ces différens principes dans les diſtillations: car l'eau & la terre ſe trouvent ailleurs; le ſel de la Mer & le ſoufre ſe trouvent ſans feu; le vitriol & le ſalpêtre de même; les huiles ſe trouvent dans de certains fruits & dans les ſemences des plantes. Il eſt vrai que ces principes ſont ſouvent un peu altérés par la chaleur du feu, & même une exceſſive chaleur en peut unir pluſieurs enſemble ſi exactement, qu'on ne peut après les ſéparer, comme lorſque la terre avec les ſels & les autres principes qu'elle contient, eſt reduite en verre.

On trouve auſſi ces mêmes principes en diſtillant les terres; car elles donnent de l'eſprit armoniac, de l'eſprit acide, des huiles, des ſels, &c. Et celles qui ne ſont pas lavées par la pluië, & qui ſont propres pour nourrir les plantes, donnent du ſalpêtre & du ſel commun; c'eſt pourquoi il ne faut pas s'étonner ſi on trouve ces principes dans les plantes, puiſqu'elles ſe nourriſſent dans les terres qui les contiennent.

On peut ſuppoſer par ce que j'ai dit ci-deſſus, que ce qui ſe reduit en liqueur acide, comme les eſprits de ſel, de ſalpêtre, &c. eſt un genre de principes qui a pluſieurs eſpéces; & que ce qui précipite le ſublimé diſſous, eſt d'un autre genre; mais qu'une partie de ces principes volatiles peut être unie avec les ſels fixes, & avec les terres, par la force du feu.

Lorſque le ſel armoniac, que quelques-uns appellent alcali volatile, eſt engagé avec les terres, & avec les ſels fixes qui l'empêchent de s'élever, & en retiennent une partie, encore même qu'on brûle les Plantes à un feu ouvert, on appellera ſi l'on veut ce compoſé, ſel lixiviel ou alcali fixe. On diſtingue ce ſel, en ce qu'il précipite la ſolution du ſublimé en couleur rougeâtre; ce que les autres ſels fixes ne font pas. Mais dans toutes les plantes, ces principes ſont mêlés en différentes maniéres, & leurs unions ou ſéparations ſont plus ou moins parfaites. De toutes leſquelles choſes on peut inférer avec aſſez de vrai-ſemblance, que les principes groſſiers & ſenſibles des plantes, ſont; les Terres, l'Eau, le Sel marin, le Salpêtre, le Sel nitre des anciens, le Soufre, &c. & même l'Alun & l'Orpiment. Voici une conjecture que j'ai pour ce dernier.

Toutes les liqueurs qui ſont dans les animaux à quatre piés, qui ſe nourriſſent de Plantes, ſont compoſées de leurs mêmes principes; & par conſéquent, la bile qui eſt dans la véſicule du foië eſt une ſéparation de quelques-uns de ces principes. Or ſi on fait ſécher du fiel de bœuf, & qu'on le faſſe brûler, il jette une flamme toute ſemblable à celle de l'orpiment. La bile fait auſſi des éroſions comme l'orpiment, d'où l'on peut inférer qu'il y en a un peu dans quelques Plantes.

Troiſiéme Hypothèſe.

Ma troiſiéme Hypothèſe eſt, que les ſels, les terres, les huiles, &c. que donnent les diverſes ſortes de Plantes par la diſtillation, ſont les mêmes; & que les différences qu'on y trouve, ne procédent que de l'union plus ou moins parfaite de quelques-uns de ces principes groſſiers & de leurs parties les plus ſimples, ou bien de leurs ſéparations.

Prouvée par deux Expériences.

Cette troiſiéme Hypothèſe ſe prouve par les Expériences ſuivantes.

Premiére Expérience.

Si on greffe un Poirier de bon Chretien ſur un Poirier ſauvage, la même ſéve qui dans ce dernier eût produit des Poires fort petites & d'un mauvais goût, ayant paſſé dans les branches que la greffe pouſſe, y produira des poires fort groſſes & d'un goût excellent, & dont les autres qualités ſeront fort différentes de celles de l'autre fruit. Mais, ſi derechef on greffe ſur une des branches produites par cette greffe de bon Chretien, une greffe de Poirier ſauvage; elle produira des poires fort petites & d'un mauvais goût. Ce qui fait connoître manifeſtement que c'eſt toujours la même ſéve qui étoit dans le tronc de l'arbre, qui eſt diverſement déterminée, ſoit par quelque vertu occulte que quelques-uns appellent ſpécifique, qui eſt dans chaque greffe, ſoit par la ſtructure particuliére de leurs fibres & de leurs pores, qui fait prendre à cette ſéve des figures & des diſpoſitions ſemblables à celles qu'elles ont; de la même maniére que la flamme d'une chandelle prépare le ſuif qui eſt au deſſous, & le diſpoſe à être réduit en flamme à ſon tour, en donnant à ſes petites parties un mouvement ſemblable à celui dont les ſiennes ſont agitées.

Cette troisiéme Hypothèſe ſe prouve encore par cette autre Expérience.

Prenez un pot où il y ait de la terre peſant ſept ou huit livres, & y ſemez une plante telle que vous voudrez ; elle trouvera dans cette terre & dans l'eau qui y tombe par les pluiës, tous les principes dont elle ſera compoſée étant arrivée à ſa perfection. Or, comme on y peut ſemer trois ou quatre milles Plantes différentes ; ſi leurs ſels, leurs huiles, leurs terres, &c. étoient différentes les unes des autres, il faudroit que tous ces principes fuſſent dans ce peu de terre, & dans le peu d'eau de pluië qui y tombe pendant trois ou quatre mois ; ce qui eſt impoſſible : car chacune de ces Plantes étant venuë en maturité, donneroit du moins un gros de ſel fixe, deux gros de terre, &c ; & tous ces principes enſemble, y compris ceux qui ſont mêlés avec les eaux diſtillées, péſeroient au moins deux ou trois onces, qui multipliées par le nombre des Plantes, qu'on a ſuppoſé être 4000, feroient un poids de 500 livres ; au lieu que toute la terre du pot & toute l'eau qui y tombe en quatre mois, ne péſent par 20 livres. Deſquelles raiſons & expériences il s'enſuit, que les principes dont chaque Plante eſt compoſée ſont les mêmes, du moins les groſſiers & ſenſibles ; & que ſi elles en ont quelcun de particulier, on ne peut le ſéparer & le faire voir à part. Seconde Expérience.

Quoique ces principes ne ſoient preſque jamais purs & ſans mélange, on en peut concevoir une idée aſſez diſtincte par cette opération de l'eſprit qu'on appelle abſtraction. Ainſi on peut concevoir l'eau ſans terre, ſans ſel, ſans air, &c : On peut concevoir l'air ſans vapeurs, & ſans les fumées qui s'y élevent, en le conſidérant ſeulement comme tranſparent & ayant une vertu de reſſort : On peut concevoir l'huile ſans l'eau ou la terre qui y eſt mêlée : On peut concevoir la terre comme ce qui reſte des cendres après qu'on en a tiré le ſel ; & ainſi des autres principes. Moyen de ſe former une idée diſtincte de ces Principes.

Vous vous étonnerez peut être, Monſieur, de ce que je ne fais pas entrer le feu dans la compoſition des plantes, puiſque la plupart des Philoſophes, tant anciens que modernes, le mettent au nombre des Elemens. Ma penſée eſt que le feu eſt compoſé des mêmes principes qui compoſent les matiéres enflammées. Ainſi un charbon allumé n'eſt différent d'un charbon éteint, que parce que quelques parties de ſon ſoufre, de ſon ſalpêtre, &c. ſont fortement agitées, & que cette agitation leur donne la vertu de nous éclairer, & de nous échaufer : Ainſi la flamme d'une bougie n'eſt autre choſe que de la fumée allumée, & cette fumée eſt compoſée des mêmes principes qui ſont dans la cire. D'où il eſt évident, que le feu ne doit pas être pris pour un principe. Pourquoi l'on ne met pas le feu au nombre des Principes des Plantes.

A l'égard de l'air, il y en a toujours dans l'eau, & par conſéquent il y en a dans le ſuc des Plantes, ce qu'on reconnoît aiſément dans les effervescences des liqueurs diſtillées. De l'Air.

SECON-

SECONDE PARTIE.

DE LA VEGETATION DES PLANTES.

CEs différens principes des Plantes étant aſſez bien établis par ce qui a été dit ci-devant; il eſt tems, Monſieur, que je vous explique de quelle maniére je conçois que les Plantes s'en nourriſſent, & comme ſe fait leur Végétation.

De la premiére Germination de la ſemence, d'où elle procéde.

Je commencerai par la premiére germination de la ſemence, dont j'ai fait pluſieurs obſervations. J'ai mis pendant l'Eté des féves blanches qu'on appelle phaſéoles, tremper dans de l'eau par le bout le plus éloigné du petit germe qui eſt entre les deux lobes qui compoſent le corps de la féve. Ce petit germe eſt compoſé de deux ou trois feuilles très-petites, pliées l'une ſur l'autre, qui ſortent d'une petite tige dont l'extrémité finit en pointe. Au milieu de cette tige il y a deux petits canaux ou liens qui s'attachent aux deux lobes, & chacun d'eux fait le même office pour la nourriture de la Plante, que les vaiſſeaux du nombril pour la nourriture des animaux : Car ces lobes s'étant imbibés d'eau, comme fait une éponge, le petit germe la ſucce par ces petits canaux, & avec elle quelques particules de la matiére de ces lobes; & dans peu de jours les feuilles ſe développent, s'alongent, & s'élargiſſent, & la petite pointe qui doit s'étendre en racine, commence à deſcendre vers l'eau, quoiqu'au commencement elle ſoit quelquefois tournée en haut; mais elle ſe courbe peu à peu pour y arriver. On voit la même choſe dans les graines de courges, de concombres, de melons, &c. Et par conſéquent le premier commencement de la Végétation procéde de la ſemence imbibée d'eau. Même j'ai remarqué que les petites feuilles entr'ouvrent en croiſſant, les lobes de la féve, & s'étendent en longueur de plus d'un pouce, avec une couleur très-verte, avant que la racine qui demeure blanche ait atteint l'eau: Mais auſſi-tôt que la pointe de la racine a gagné l'eau, elle la ſucce & la tranſmet, non ſeulement dans la tige & dans les feuilles, mais auſſi dans les deux lobes par leurs petits canaux, & ces deux lobes croiſſent enſuite en longueur & en largeur; & dans les graines de courges & de calbaſſes, ils croiſſent beaucoup & ſe changent en deux grandes feuilles vertes qui continuent à fournir à la plante par les mêmes petits canaux, leur ſubſtance graſſe & huileuſe mêlée avec le ſuc qu'elles tirent de la racine, pour fortifier la petite plante qui ne reçoit pas encore de la terre ſeule, un ſuc aſſez préparé. Ce corps de la ſemence eſt auſſi analogue au jaune de l'œuf, qui ſert long-tems de nourriture aux jeunes oiſeaux, après même qu'ils ſont éclos.

Pour

Pour comprendre ces deux effets qui se font dans ces lobes, on peut les comparer à ce qu'on remarque dans le foië des animaux, où plusieurs vaisseaux capillaires aboutissent à divers troncs; les uns versent du sang dans le foië, & les autres le raportent dans le tronc de la veine cave: ainsi il y a plusieurs vaisseaux capillaires dans les lobes des courges & des autres semences semblables, dont les uns distribuent dans ces lobes le suc qui vient de la racine, pour les faire grossir, & les autres portent de ces lobes, le premier suc bien préparé à la Plante, & continuent d'en porter jusques à ce que la Plante soit bien fortifiée.

Comment se font les effets qui se font dans les lobes.

Les pois & la plupart des féves, les glands, les noyaux de pêches & d'abricots, ne jettent point au dehors, le corps de leurs graines; mais il demeure dans la terre & s'y mêle avec l'humidité qui s'y trouve, pour nourrir les jeunes Plantes, jusqu'à ce qu'elles soient bien fortifiées. Mais la plupart des petites herbes, aussi bien que les courges & les melons, poussent au dehors de la terre les deux lobes en deux feuilles, & on voit ordinairement les enveloppes des lobes paroître à l'extrémité de ces feuilles.

On peut observer un semblable commencement de végétation dans les arbrisseaux qui viennent de bouture, comme la vigne, le sureau, les groseliers. Car la branche que l'on coupe en forme de coin aux deux bouts, étant mise la moitié en terre; la mouëlle qui est fort grosse à proportion de celle des autres arbrisseaux, s'imbibe comme une éponge, de l'eau de la pluïë, ou de celle qui est dans la terre, & la transmet dans les petites fibres qui sont entre l'écorce & le bois, d'où elle est poussée en partie vers le bout d'embas pour produire des racines à l'extrémité de la petite pointe, & à l'entour des nœuds qui sont cachés en terre, & en partie vers les nœuds qui sont à l'air, pour faire enfler les boutons qui y sont, & les faire étendre en branches & en feuilles: Les canaux ou pores qui sont dans cette mouëlle, ne s'étendent pas en longueur, selon la tige de l'arbre, mais ils sont distingués en plusieurs petites cellules ovales qui ont quelque ressemblance à l'ouvrage des mouches à miel, ce qui paroît quand la tige est fenduë en longueur, & qu'on en regarde la moitié avec un microscope.

Or pour savoir de quelle maniére ces petits vaisseaux capillaires qui sont dans les graines, s'imbibent de ce suc, & comment les racines mêmes reçoivent l'eau des pluiës, il faut considérer ce qui arrive dans la végétation des animaux, qui apparemment doit avoir quelque raport à celle Plantes.

Maniére dont les petits Vaisseaux Capillaires des graines s'imbibent du suc, & les racines reçoivent l'eau de la pluië.

On sçait que la matiére qui nourrit les animaux, après avoir été préparée par l'estomac, passe dans les boyaux, où elle trouve de petits pores & conduits imperceptibles par où les plus subtiles parties de cette matiére qu'on appelle chyle, passent & s'introduisent, & ces conduits sont apparemment disposés en sorte que ce qui y est entré, trouve des obstacles pour son retour; comme on en voit des exemples

dans plusieurs autres parties du corps, & même dans les veines, où il y a de petites peaux tenduës, qu'on appelle valvules, qui sont disposées à laisser passer le sang qui va au cœur, mais qui s'opposent à son retour.

Or suivant cette analogie de la végétation des Animaux & des Plantes, il est vrai-semblable que l'eau de la pluië mêlée avec les autres principes qui composent les Plantes, étant jointe & contiguë à leurs racines, y trouve des pores imperceptibles par où elle s'insinuë, & le retour en est empêché, ce qui fait que cette premiére séve est toujours pressée dans les Plantes. Elle a quelque raport au chyle, & elle devient analogue au sang des veines à proportion qu'elle se mêle avec le suc mieux préparé qui y est déja, & qui est semblable à peu près à celui que le corps de la semence donne au commencement.

Loi de la nature par laquelle se fait cette insinuation de l'eau.

Cette premiére entrée de l'eau dans les racines, se fait par une loi de la nature semblable au mouvement d'union dont j'ai parlé ailleurs; car par tout où il y a des tuyaux très-étroits qui touchent l'eau, elle y entre, & même elle y monte contre sa pente naturelle de descendre.

Pour en faire l'expérience; ayez un tuyau de verre très-étroit, & bien net; trempés l'une de ses extrémités dans l'eau, elle y montera jusques à une hauteur considérable par dessus son niveau: mettés un pain de sucre dans un peu d'eau par un des bouts, elle montera jusques au haut en peu de tems; mais elle ne monte point dans les tuyaux de verre s'ils sont frottés de suif, ou si par le tems ils ont pris un certain enduit comme du vernis où l'eau ne s'attache point: car il ne suffit pas que les pores soient disposés pour laisser entrer les parties subtiles des autres corps, il faut aussi qu'elles y soient poussées par quelque principe de mouvement. Mais quelle que puisse être la cause de cet effet que le vulgaire appelle attraction, il suffit qu'il est fort ordinaire, & que la Chymie en fournit beaucoup d'exemples.

Comment le suc se perfectionne & devient propre à nourrir les plantes.

Ce premier suc mal digéré n'est pas propre pour nourrir les principales parties des Plantes; mais suivant l'analogie de la végétation des animaux, il doit se perfectionner en passant par des tuyaux de différentes structures, comme le sang se perfectionne en passant par les petits vaisseaux du poumon, par ceux du foië, par diverses glandes, &c.

Pour juger si ce raport étoit véritable, j'ai soigneusement coupé en long & en travers, plusieurs tiges de Plantes laiteuses, & de celles qui ont un suc jaune, & j'ai observé que toute l'humeur contenuë dans ces Plantes, n'étoit pas colorée, mais seulement celle qui étoit contenuë dans de certains canaux que je compare aux artéres. J'ai considéré plusieurs fois la structure de ces petits canaux, & j'ai trouvé qu'ils ont chacun en leur milieu une petite fibre blanche, ligneuse, déliée, & qui peut se séparer en plusieurs filamens; qu'il y a une petite membrane à l'entour de ces petits canaux, qui les sépare du reste de la tige, & en fait comme un petit tuyau; & qu'entre chacune des fibres & la membrane

brane qui les enveloppe, il y a une matiére ſpongieuſe adhérente à la membrane, & remplie du ſuc coloré : ce qu'on peut découvrir facilement par le moyen d'un verre convexe qui ſert à groſſir les objets; car les extrémités de ces fibres étant coupées, elles paroiſſent blanches & diviſées en petits filamens, & on voit d'abord ſortir le ſuc coloré de pluſieurs endroits de cette matiére ſpongieuſe, lors qu'elle eſt entamée & rompuë.

Le reſte de la tige eſt rempli d'üne autre matiére ſpongieuſe, pleine d'une humeur aqueuſe, inſipide, ſans couleur & d'une conſiſtence très-fluide; au lieu que la colorée eſt un peu épaiſſe & très-piquante en pluſieurs Plantes. On voit une ſemblable ſtructure dans les feuilles de l'Aloës, lorſqu'on en coupe une feuille en travers : car on remarque que le milieu qui a environ un pouce d'épaiſſeur, eſt d'une ſubſtance ſpongieuſe, compoſée d'un grand nombre de membranes confonduës enſemble, & remplie d'une humeur aqueuſe, claire, & qui a fort peu d'amertume: On remarque auſſi que cette ſubſtance ſpongieuſe eſt couverte d'une écorce verte, dans l'épaiſſeur de laquelle il y a pluſieurs petits canaux noirâtres diſpoſés ſelon la longueur de la feuille, ſemblables à ceux des Plantes laiteuſes : Ces canaux contiennent un ſuc viſqueux, jaunâtre & très-amer, qui en ſort abondamment au mois de Mai; mais dans la pulpe ou ſubſtance ſpongieuſe, il y a pluſieurs petits canaux blanchâtres, qui apparemment contiennent un autre ſuc, & qui jettent deçà & delà de petits rameaux, dont quelques-uns vont ſe joindre aux tuyaux qui portent le ſuc jaune & amer.

J'ai auſſi remarqué que beaucoup de groſſes Plantes laiteuſes, comme la Férule, ont ces petits canaux diſpoſés par des intervalles égaux depuis le centre de la tige juſques à la circonférence, & que la plupart des autres Plantes, comme le Salſify, les Tithymalles, l'Eclaire, &c. en ont ſeulement deux ou trois rangs proche la circonférence de la tige. Ces canaux avec leurs fibres blanches, & leur matiére ſpongieuſe remplie de ſuc coloré, ſe continuent de la tige aux branches, & juſques aux extrémités des feuilles, où il s'en fait un tiſſu en forme de rèts, qui forme cette nervure qui paroît dans les feuilles ſéches & même dans les vertes. Ils s'étendent auſſi juſques aux extrémités des racines. L'Angelique luiſante de Canada les fait voir diſtinctement; car dans le milieu de quelques unes de ſes branches, qui ſont ordinairement creuſes, on en voit un ou deux qui ſont détachés du reſte, & qui tiennent ſeulement aux nœuds & aux angles des ramifications.

Il eſt aiſé de juger, que la liqueur contenuë dans ces petits canaux eſt celle qui nourrit les principales parties de la Plante, comme les fleurs, les fruits, les ſemences, &c. & qu'elle a du raport au ſang des artéres; que celle qui eſt dans le reſte de la tige a du raport au ſang contenu dans les veines; & que les fibres qui ſont au milieu des petits canaux ſervent à les tenir fermes, & à les empêcher de ſe plier ou de

se rompre ; car s'ils se plioient, le cours de la féve seroit interrompu : & l'on doit tenir aussi pour assûré, que les Plantes qui n'ont point de suc coloré, ne laissent pas d'avoir quelques canaux remplis d'une féve différente de celle qui est dans le reste de la Plante.

Or de même que dans l'extérieur des racines il y a des pores imperceptibles par où passe l'eau de la pluië ; ces petits canaux analogues aux artéres ont en leur extérieur de petits pores imperceptibles par où passe la féve que j'ai comparée au sang des veines après qu'elle a été préparée par la chaleur du Soleil, & par la filtration qui s'en fait à travers la matiére spongieuse qui est dans le reste de la Plante. Le retour de cette féve est empêché, aussi bien que de celle qui entre dans les racines : d'où il arrive que la liqueur enfermée dans ces petits canaux est toujours très-pressée, ce qui sert à faire étendre les branches, les feuilles, & les racines. Cela se prouve par plusieurs Expériences.

Ce qui sert à faire étendre les branches, les feuilles, & les racines.

Si on coupe transversalement une Plante laiteuse, ou une de celles qui ont le suc jaune, on voit toujours autant ou plus de suc coloré venir de la partie où sont les feuilles, que de celle où est la racine, quand même on tiendroit la plante arrachée, la racine en haut avant que de la couper ; & si on coupe l'extrémité de la racine, il en sort aussi bien du suc coloré que des extrémités des feuilles, ou des petites branches coupées : ce qui fait voir manifestement que ce suc est beaucoup pressé dans ces canaux, comme le sang est pressé dans les veines & dans les artéres ; & que cette compression fait étendre les racines, de même que les branches & les feuilles ; & qu'enfin il n'y seroit pas si pressé, si le suc n'y entroit par des pores disposés à en empêcher le retour.

Que si l'on coupe derechef le reste de la tige environ un pouce au-dessous de la premiére incision, on verra encore monter du suc coloré qui vient des racines, mais on n'en voit point ou fort peu dans la partie supérieure ; ce qui doit arriver s'il y a de petits pores dans les canaux par où le suc s'étend vers les racines, puisqu'ils n'en reçoivent plus des feuilles & des branches : & par la même raison, si on coupe un peu de la partie où sont les feuilles, plus haut que la premiére incision, on ne doit point voir monter de suc, ou fort peu, de la petite partie séparée ; mais il en doit toujours descendre de celles où sont les feuilles ; ce que j'ai trouvé conforme à l'expérience, particuliérement dans l'herbe appellée dent de lion, dans l'éclaire & dans les tithymalles. Et il me souvient de vous avoir fait observer plusieurs fois les mêmes choses dans quelques-unes de ces Plantes.

Conjecture sur la circulation du suc.

On pourroit conjecturer, qu'après que le suc contenu dans les petits canaux fibreux, a nourri suffisamment les parties de la plante, le surplus est repris par la matiére spongieuse de la Plante, pour être réüni avec l'autre suc, & rentrer ensuite plusieurs fois dans les petits canaux par une circulation continuelle : mais je n'ose l'assurer, & encore moins qu'il y ait des pores différens dont les uns portent le suc à la racine ;

&

& les autres aux branches. Mais je tiens pour certain, que le suc aqueux passe dans les petits canaux, d'où il est poussé vers la racine & vers les feuilles après s'être mêlé avec l'autre, & avoir pris ses mêmes dispositions; comme le chyle, qui est blanc, en entrant dans la veine axillaire, devient peu à peu semblable au sang & le répare. Je crois aussi que la même chose arrive dans les arbres; c'est à dire, qu'ils ont des canaux différens entre leur écorce & le bois, &c; & qu'ils se nourrissent de même.

Le premier suc qui vient de dehors n'entre pas seulement par la racine dans les Plantes, mais aussi par les feuilles & par les branches, & elles le reçoivent de la rosée ou de la pluië, ou des vapeurs dont l'air est toujours rempli; ce que j'ai reconnu par les expériences suivantes. Par où le premier suc de dehors entre dans les plantes.

Si l'on coupe une petite branche d'arbre ou de quelque herbe, comme du persil, cerfeuil, &c. où il y ait quelque branchette à côté, & qu'on trempe l'extrémité des feuilles dans de l'eau, laissant la tige avec la branchette sur le bord du vaisseau où sera l'eau; cette branchette se conservera verte trois ou quatre jours, même en Eté; & si c'est du baume, qui est une espéce d'herbe odoriférante, elle se conservera plus de quinze jours aussi verte que celles du jardin, & croîtra un peu: au lieu que si on met d'autres herbes ou petites branches d'arbre semblables sur le bord du vaisseau, sans toucher à l'eau, elles se flétriront & sécheront en peu de tems. Que si on prend de la ciboulette dont les jèts viennent immédiatement de la bulbe de la racine, & qu'on trempe dans l'eau les jèts extérieurs qui sont les plus longs par leurs extrémités, laissant ceux du milieu & la bulbe sans toucher à l'eau, ils se conserveront plus de quinze jours très-verts, & j'en ai veu croître de la longueur de plus de quatre pouces en quatre ou cinq jours: Mais si aucun des jèts d'une autre ciboulette semblable ne trempe dans l'eau, ceux du milieu ne pourront tirer qu'un peu de suc de la bulbe de la racine, & par cette raison ils ne croîtront que fort peu, & les uns & les autres se flétriront dans trois ou quatre jours; ce qui fait connoître évidemment que les bouts des jèts de la ciboulette qui trempent dans l'eau, la portent jusques à la bulbe de la racine, d'où elle est raportée dans les jèts du milieu, (ce qui marque une espéce de circulation) & que les feuilles des autres herbes & des branches d'arbres portent l'eau qu'elles touchent dans les canaux de leurs tiges, d'où elle se communique aux racines & aux autres branches si elles en ont besoin.

Pour confirmer cette opinion du retour de la féve vers les racines des arbres, j'ai fait faire l'expérience suivante. Confirmation de l'opinion du retour de la féve vers la racine.

Dans une rangée de Charmes fort hauts, dont quelques-uns joignoient ensemble leurs écorces, on en choisit deux, dont les tiges étoient de la grosseur du bras; on scia la tige de l'un environ à un pié & demi au dessous de l'union des écorces; & pour empêcher que la féve montant de la racine, ne fit rejoindre les parties coupées, on mit

une petite pierre platte entre deux : ce fut au commencement du mois de Février que se fit cette opération. Au Printems suivant, les branches laterales qui étoient au dessous de la jonction des tiges, poussérent de petits jèts, & des feuilles, aussi bien que celles qui étoient au dessus, particuliérement une de la grosseur du pouce, laquelle étoit à un demi pié au dessus de l'incision, & environ un pié & demi au dessous de la jonction des écorces : Elle poussa aussi de nouveaux jèts & de nouvelles feuilles à la séve d'Août & à la séve du Printems suivant, de même que si elle eût encore reçû de la nourriture de sa racine ; ce qui ne se peut expliquer qu'en supposant que la séve qui montoit de l'autre arbre, passoit dans l'écorce de celui qui étoit coupé, & y étant pressée descendoit jusques au bas de la tige coupée, d'où elle réfluoit dans les branches laterales. Vous avez vû, Monsieur, le succès de cette expérience, aussi bien que moi, & vous avez bien voulu prendre le soin qu'elle se fit avec exactitude.

J'ai observé aussi plusieurs fois que, si on couvre avec une cloche de verre bien clair de jeunes Plants de melons qu'on éléve sur une couche de fumier chaud, on voit, lors que le Soleil est fort ardent, des goutes de rosée attachées aux extrémités des feuilles qui demeurent très-vertes & fermes : mais, si on léve la cloche, il ne s'y attache plus de rosée, & les feuilles se flétrissent un peu, quoiqu'elles ne soient pas plus échauffées qu'auparavant, à cause qu'elles n'ont plus les vapeurs chaudes du fumier, & que le vent les rafraichit ; ce qui est une preuve qu'elles suçoient auparavant cette rosée, & qu'elle passoit dans leurs petits canaux, pour les nourrir, le suc attiré par la racine n'étant pas alors suffisant pour les empêcher de se flétrir.

Que si l'on trempe dans l'eau une plante d'éclaire coupée près de terre, par le bout où sont les feuilles, & une autre coupée de même, par le bout coupé ; on verra cinq ou six heures après, sortir une grande abondance de suc jaune des canaux fibreux de celle dont les feuilles touchoient l'eau, après qu'on aura coupé la tige au dessous des feuilles : mais ce suc sera peu coloré ; au lieu que celui de l'autre, dont le bout coupé trempoit dans l'eau, sera beaucoup coloré & en petite quantité, si on la coupe de même ; ce qui ne pourroit arriver, si les feuilles qui touchent l'eau n'en prenoient pour la porter dans les canaux où est le suc jaune, & si elles n'en prenoient davantage que le bout de la tige qui trempe aussi dans l'eau.

Nécessité de la Rosée pour les Plantes, sur tout dans les Païs chauds.

On peut connoitre par ces expériences la nécessité de la rosée, principalement dans les Pais chauds, comme l'*Egypte*, où il pleut rarement, & où la terre qui touche les racines des Plantes, demeure souvent fort séche ; car en récompose il y tombe de grandes rosées en Eté, dont les goutes succées par les feuilles, & par les tiges des herbes, servent à les entretenir jusques à ce qu'il vienne de la pluie. Aussi voit-on sur la plupart des Plantes, de petites pointes ou filamens qui les font paroi-

tre

tre veluës, & qui sont apparemment autant de petits tuyaux pour sucer la rosée & la pluië: car les herbes aquatiques, comme le Cresson, la Berle, le Potamogeton, le Nenuphar ou lys d'eau, &c, ont leurs tiges & leurs feuilles polies & luisantes, & n'ont point de ces petites pointes; aussi n'en ont elles pas besoin, à cause que leurs racines sont toujours dans l'eau. L'oseille n'a point aussi de ces petits filamens extérieurs, parce que la racine entre profondément dans la terre où elle trouve assez d'humidité.

La Clarté du Soleil nécessaire pour la nourriture des Plantes.

Il ne suffit pas qu'il y ait de la séve suffisamment pour nourrir les Plantes, mais elles ont besoin d'être éclairées immédiatement par le Soleil, comme on le reconnoît par cette Expérience.

Couvrés avec un verre clair & étroit, de la terre, où il y ait du pourpier & des laituës semées; elles s'ouvriront en sortant de la terre, si le Soleil luit sur le verre, & croîtront aussi bien ou mieux que si elles étoient à l'air libre. Mais si vous mettés un pot plein de terre, où il y ait de ces graines semées, auprès d'un poële ou dans un autre lieu fort chaud, dans une grande chambre très-éclairée; ces graines s'éléveront en des filamens très-déliez, de trois ou quatre pouces de hauteur, avec deux feuilles au dessus très-petites, qui ne s'élargissent point, & dans peu de tems elles périront, comme font aussi celles qui sont couvertes d'une cloche de terre au Soleil: d'où il s'ensuit que ce n'est pas par le défaut d'air qu'elles périssent, mais par le défaut de la lumiére immédiate du Soleil. On pourroit expérimenter si en mettant ce même pot à une certaine distance d'une grande flamme dans un lieu fermé, ces graines ne profiteroient pas mieux qu'à une chaleur sans lumiére.

Comment se fait la maturité des fruits & des semences.

Pour savoir comment se fait la maturité des fruits & des semences dans les Plantes, il faut remarquer & considérer beaucoup de choses. Voici la maniére qui me paroît la plus facile à être expliquée.

Les racines des Plantes & leurs feuilles succent beaucoup d'eau, & cette eau contient fort peu des autres principes des Plantes; & parce que l'eau s'évapore facilement, & les autres principes difficilement, ils demeurent engagés dans les pores & dans les fibres des Plantes, & s'y mêlent & unissent diversement selon la disposition particuliére de chaque Plante.

Il s'évapore beaucoup d'eau chaque jour, principalement quand le tems est chaud. Car un jét de vigne d'un pié de longueur, en laisse évaporer par jour plus de deux ou trois cueillerées: ce qu'on peut reconnoître lorsque les vignes gélent au mois de Mai; car deux heures après que le Soleil est levé, leurs jèts sont noirs & secs, d'où il s'ensuit qu'en deux heures le Soleil en fait évaporer toute l'eau, & qu'en douze heures il s'en dissiperoit six fois autant. Mais quoiqu'il se perde beaucoup de ce suc aqueux, il en revient assez pour entretenir les Plantes, & y porter toujours un peu des principes actifs jusques à ce

qu'en-

qu'enfin il y en ait assez pour faire la dureté & la solidité des branches, & que le suc des fruits soit propre pour la nourriture des animaux; & s'il y a encore trop d'eau après que le fruit est cueilli, ce trop se dissipe en peu de tems, & le fruit demeure en sa parfaite maturité, quoiqu'il y reste beaucoup d'eau.

Les Plantes qui ne durent qu'un an, comme le fenouil, les pavôts, &c. deviennent à la fin très-dures, & les pores par où entre l'eau extérieure se ferment, & le Soleil continuant à les dessécher, il y demeure beaucoup de parties terrestres, salines & huileuses, parfaitement mêlées avec quelques parties d'eau qui y sont retenuës & engagées, & qui s'en échappent difficilement.

La même chose arrive aux graines & semences; car à la fin elles deviennent grasses & huileuses, parce que le suc aqueux qui s'évapore presque entiérement chaque jour par la chaleur du Soleil, n'enléve point avec soi le peu de matiére grasse qu'il y porte, & par ce moyen il s'y en amasse jusques à leur parfaite maturité.

A quoi servent les graines, &c.

Les graines des petites Plantes, & ce qui est contenu dans les noyaux & dans les pepins des fruits des plus grandes, servent non seulement à la nourriture des animaux, mais aussi à faire renaître de nouvelles Plantes: & c'est en ce point où paroît visiblement une œconomie & une providence admirable dans la nature; car ces différentes espéces de Plantes ont quelque chose de particulier dans leurs graines & semences, pour les faire disperser en divers endroits, afin qu'il s'y en éléve de semblables.

Les unes ont de la bourre attachée au dessus de la graine, comme les chardons & la scorsonére, & lorsque la graine est meure, le vent l'emporte & la séme par tout, & elle retombe debout, parce que la bourre est plus légére que le corps de la semence. Quelques-unes ont des accrocs, comme la grande bardane, & l'agrimoine, afin que s'attachant aux habits des hommes, & aux poils & à la laine des animaux paissans, elles soient portées ailleurs.

L'alleluia, qui est une espéce de trefle aigret, & la fraxinelle, viennent dans les bois où il ne fait point de vent, & par cette raison leurs graines auroient inutilement de la bourre; elles n'ont point aussi d'acrocs, mais elles sont contenuës dans des gousses, lesquelles étant meûres se crévent par la chaleur, & les poussent par cet effet à dix ou douze piés à la ronde. Le concombre sauvage fait la même chose; d'où on lui a donné le nom d'Elaterium. La Raiponce, qui vient ordinairement sous la mousse, a la graine très-menuë; car si elle étoit grosse, ou si elle avoit de la bourre, elle ne pourroit passer au travers de la mousse pour germer: mais elle y passe facilement par sa petitesse à la premiére pluië.

Les Fraisiers jettent de longs bras où il y a une feuille au bout, qui touchant la terre prend racine. Le Cardaminé ou Cresson sauvage fait

la

la même chose. Et Monsieur *Marchand* m'a fait voir au Jardin Royal une espéce de tréfle, qui recourbe sa fleur lorsqu'elle commence à sécher, & la pousse dans terre, afin que la graine s'y forme, & qu'elle se plante soi-même par ce moyen.

Il y a encore entre les Plantes, d'autres maniéres de se semer & d'occuper le terrain vuide; & même quelques-uns ont écrit que les cendres des Plantes pouvoient servir de semences pour produire les mêmes Plantes.

Vous demanderés peut-être ici, Monsieur, quelle est cette vertu dans chaque Plante, qui leur fait pousser leurs feuilles selon une certaine figure & grosseur, & qui dispose leur semence d'une maniére propre pour produire d'autres Plantes semblables. D'où peut procéder, par exemple, que la plupart des petits arbrisseaux ont des pointes fort piquantes pour se deffendre des hommes & des bêtes qui les romproient, comme le Rosier, le Prunier sauvage, le Houx, l'Epine blanche, &c. & qu'il y a fort peu de grands arbres qui en ayent; que les plantes à qui le trop grand Soleil est nuisible, ont des feuilles très-larges pour couvrir leurs fruits; que celles qui sont rampantes ont de petits liens pour s'accrocher; que les noyaux des fruits qui contiennent la semence, sont fors durs, afin de la mieux conserver, &c.

Qu'est ce qui donne à chaque plante sa forme:

Quelques Philosophes appellent cette vertu ou principe, l'ame végétative des Plantes, ou leur forme substantielle. Mais ils ne nous rendent pas plus savans, puisqu'ils ne nous expliquent pas ce que c'est que cette ame, ni d'où elle procéde; si elle est matérielle ou non; si elle est répanduë dans toute la plante, ou en quelque petite partie; si elle est inhérente à la plante, ou non.

Non ce qu'on appelle l'ame Végétative:

Quelques autres disent, qu'il suffit qu'il y ait dans la semence une certaine configuration de petites parties, & quelque disposition particuliére de fibres & de pores, par où la séve se puisse filtrer différemment, pour produire toutes les diversités que nous y remarquons.

Ni la configuration des Parties de la semence &c:

Il y en a plusieurs qui soutiennent que la semence de chaque Plante a déja dans soi en petit, toutes les parties qu'elle doit pousser ensuite, & qu'en croissant elle ne fait que les développer & les étendre, & que non seulement elle a les siennes propres, mais aussi celles de toutes les autres qui en doivent être produites pendant toute la durée du monde. Mais peut on croire qu'une graine de melon, par exemple, ait dans son petit germe, ses feuilles, ses fruits, les autres graines qui viendront dans les germes de chacune de ces graines, & tout ce que doivent produire ces germes à l'infini? Il me semble qu'il est plus vrai-semblable que les graines contiennent seulement les parties principales des Plantes, & que les autres se font succeffivement par les dispositions que les premiéres donnent à la séve. On peut bien voir dans les oignons des tulipes dès le mois de Janvier, avec une loupe ou verre convexe, quelques-unes de leurs parties en petit, comme les six feuilles de la fleur, la

Ni les parties de la Plante, toutes contenuës en petit dans la semence;

1. Parce que elle ne contient que les principales parties des Plantes;

la tige, le piſtil qui doit porter la graine, & les petits filèts qui l'accompagnent: mais on n'y peut pas voir, même avec les meilleurs microſcopes, les graines ni les tulipes qui viendront de ces graines, ou des oignons nouveaux. Voici à peu près ce que j'en ai pû remarquer. L'oignon étant mis en terre, pouſſe à côté un nouvel oignon, qui au mois d'Avril n'eſt pas plus gros qu'une lentille: il croît enſuite en même tems que la fleur, & on y voit plufieurs enveloppes; mais ſi on le prend lors qu'il eſt encore petit, on n'y remarque aucune apparence des parties de la fleur, ni du nouvel oignon qu'il doit produire l'année ſuivante: enfin, lorſque la fleur eſt paſſée, & que la graine eſt toute formée, l'oignon nouveau a auſſi toute ſa groſſeur à peu près, & vers le commencement de Juin on commence à y voir quelques petites feuilles qui paroiſſent un peu, mais on a beaucoup de peine à les diſcerner, même avec le microſcope; ce qui marque que cela s'eſt produit peu à peu par la diſpoſition de la racine qui a filtré ce premier petit principe de la Plante qui doit pouſſer l'année ſuivante. Il y a même de ces oignons qui ne jettent qu'une ou deux feuilles & point de fleur; mais ils jettent en terre, deux, trois, ou quatre tuyaux de trois ou quatre pouces de longueur, à l'extrémité deſquels ſe forment des oignons nouveaux qui produiſent des Tulipes l'année ſuivante; & c'eſt la raiſon pourquoi celles qu'on appelle des Tulipes de Perſe ſe perdent: car les tuyaux qu'elles jettent tous les ans ſont fort longs, & entrent enfin ſi profondément dans la terre, que les oignons ne peuvent plus jetter de fleurs au dehors, & ſi elles pouſſent ces tuyaux à côté, il peut arriver que dans cinq ou ſix ans les oignons nouveaux ſeront portez bien loin des endroits où l'on a planté les premiers, & qu'ils pourront même paſſer dans les jardins voiſins.

2. Parce que toutes les Plantes ne viennent pas de graines;

D'ailleurs, toutes les Plantes ne viennent pas de graines, & beaucoup de Plantes ſortent de terre ſans être ſemées.

J'ai vû dans un Etang mis à ſec, la terre commencer à ſe couvrir d'une herbe menuë, qui ne dura que deux ou trois ans; l'humidité de la terre étant diſpoſée à cette production. Enſuite il en vint d'autres, & par tout où l'on faiſoit des foſſés, le rejet des terres produiſoit du ſénevé, ou graine de moutarde, & il n'y avoit aucune raiſon de croire, ou même de douter, qu'il y eût eu du ſénevé caché au fond de la terre, où l'eau avoit été cinq ou ſix ans de ſuite.

On peut donc conjecturer qu'il y a dans l'air, dans l'eau & dans la terre, une infinité de corpuſcules faits de telle ſorte, que deux ou trois s'accrochans, peuvent donner le commencement à une Plante, & lui ſervir de ſemence, s'ils trouvent la terre diſpoſée à ſon accroiſſement. Mais il n'eſt pas croyable que ce petit compoſé de corpuſcules contienne toutes les branches de cette Plante, ſes feuilles, ſes fruits, & ſes graines; & encore moins que dans ces graines ſoient contenuës en petit toutes les branches, feuilles, fleurs, &c. des Plantes qui ſe produiront à l'infini en ſuite de cette premiére germination. Je me ſuis confirmé dans

dans cette opinion, & même que toutes ces chofes n'étoient pas contenuës dans les femences, par cette expérience.

J'ai coupé, vers la fin du mois d'Août, les branches d'un rofier commun & toutes fes feuilles; ne laiffant que les petits nœuds qui devoient produire des rofes au Printems fuivant. Mais quoique ces nœuds pouffaffent des branches & des feuilles au mois de Septembre, ils ne pouffèrent aucune fleur. D'où il eft aifé de conclure, que toutes les parties d'une Plante ne font pas toujours contenuës en petit dans leur femence, puifque les Rofes de l'année prochaine ne font pas encore en Automne dans les nœuds des branches qui les doivent pouffer, & qu'il faut que les petits principes propres à les produire s'y amaffent peu à peu pendant l'Hiver & au commencement du Printems.

3. Parce que cela eft contre l'Expérience.

D'ailleurs; les pepins des Pommes & des Poires produifent des arbres qui portent des fruits qui ne fe reffemblent point, & les graines d'un même Melon produifent des Plants de Melon dont chacun a fes fruits différens de ceux des autres, quoique ceux de chaque Plants foient femblables; & on m'a affuré, que les Pepins des Pommes & des Poires produifent des arbres qui portent des fruits qui ne reffemblent point à ceux dont les pepins font venus. Or, fi les pepins avoient en petit tous les pepins à l'infini, les derniers feroient aparemment de même nature, & ne produiroient pas des fruits différens. On peut auffi remarquer qu'une branche qu'on greffe, eft ordinairement trois ans avant que de produire des boutons à fleur. D'où il s'enfuit que les pores & les fibres de l'arbre fe difpofent peu à peu pour filtrer & joindre enfemble les principes du fruit & de la fleur, & que les premiers nœuds n'ont point encore ces principes; puifqu'ils ne pouffent que des branches & des feuilles. Il eft donc vrai-femblable que les principales parties de la germination des Plantes font contenuës dans leurs femences, & qu'elles font difpofées à former des fibres & des pores propres à la filtration & à l'union de certains principes qui y paffent, comme par des filiéres ou des moules; d'où fe forment enfuite les autres parties, favoir les fruits, les femences, & les commencemens de la féconde germination.

Mais les principales Parties des Plantes contenues dans la femence & difpofées &c.

C'eft auffi cette prémiere ftructure qui difpofe les premiers principes des Plantes pour y produire leurs qualités & leurs vertus différentes. Mais il eft très-difficile de déterminer qu'elles font les féparations, les filtrations, les mélanges & les unions exactes de ces principes, quels font les pores par où ils fe filtrent, & quelles font les maniéres de leurs filtrations; parce que ces chofes ne tombent point fous les fens, & qu'on n'a aucun fondement probable pour appuier les conjectures qu'on en voudroit tirer: c'eft pourquoi cette derniére Partie de la nature des Plantes me femble la plus difficile.

Pour la mieux éclaircir, j'examinerai premiérement quelles font les caufes des différentes vertus & qualités des Plantes, & enfuite fi on peut les connoître par la Chymie ou autrément, fans en avoir fait l'Expérience.

TROISIÉME PARTIE.

DES CAUSES DES VERTUS DES PLANTES.

Des qualitez Vénéneuses.

LEs qualitez nuisibles & vénéneuses sont plus apparentes & plus connuës que les salutaires & nourrissantes, mais les causes n'en sont pas moins obscures. Quelques Médecins prétendent que le chaud & le froid, le sec & l'humide, sont les causes des vertus différentes des Plantes, selon qu'elles participent plus ou moins de ces qualités. Mais cette hypothèse est trop grossiére pour être reçuë, puisqu'il s'ensuivroit que l'eau, qui selon cette Philosophie est le premier foid, seroit un poison, de même que la terre par son extrême sécheresse, ce qui est contre l'Expérience.

Causes de ces qualitez Vénéneuses.

Il y a trois choses qu'on peut conjecturer être les causes des qualités vénéneuses qui sont dans quelques Plantes. La premiére, que ces Plantes ont quelques principes particuliers & inconnus que les autres Plantes n'ont pas; & que ces principes n'entrant pas dans la composition de certains animaux, les font mourir, de la même sorte qu'une goute d'eau étant versée près de la méche d'une chandelle allumée, cette eau y est attirée, laquelle ne pouvant se convertir en flamme il se fait une discontinuation & interruption de la flamme de la chandelle, d'où il arrive qu'en peu de tems la chandelle s'éteint. La deuxiéme, que dans les Plantes il se fait une séparation de quelques-uns des principes les plus simples, semblable à celle que fait le feu dans le salpêtre & dans le vitriol, lorsqu'il en sépare les esprits ou eaux fortes; & ces principes séparés peuvent faire dans l'estomac, des effets à peu près semblables à ceux que font ces esprits acides tirés par la force du feu. Ou enfin, que les Plantes font des unions exactes de quelques-uns de ces principes, que l'estomac des animaux ne peut plus desunir pour faire d'autres unions propres à leur nourriture, ce qui peut donner une qualité nuisible.

Véritables causes prouvées par raisons fondées sur des Expériences.

Or si l'on peut prouver ces deux derniéres façons, il n'est pas nécessaire de recevoir la premiére; car c'est une mauvaise méthode en Physique de supposer des causes qu'on n'apperçoit point, quand on en connoît d'autres qui peuvent suffire. Il paroît même impossible qu'il y ait de ces principes particuliers en quelques Plantes; car celles qui sont venimeuses, comme la ciguë & l'aconit, trouvent leur poison dans la même terre, dans laquelle la canne de sucre trouve sa douceur, & quelques autres Plantes, leurs bonnes qualités. Or, puisque les Plantes prennent indifféremment tout ce qui est dissous dans l'eau qui touche leurs racines, il s'ensuit qu'il ne peut pas y avoir des principes qu'u-

ne

ne plante attire, & que les autres n'attirent pas. Vous pourrés connoître que les Plantes ſuccent ce qui leur eſt nuiſible auſſi bien que ce qui leur eſt propre, ſi vous faites verſer de l'urine au pié d'une laituë, ou d'un chou; car ils ſe flétriront dans deux ou trois heures, principalement s'il fait chaud.

Il reſte donc que ce ſoit les ſéparations ou les unions plus ou moins exactes des principes, & leurs différentes proportions produites par les filtrations & diviſions différentes à travers les pores de diverſes ſtructures, qui donnent des qualités différentes aux Plantes; & il eſt aiſé de prouver que ces choſes ſont ſuffiſantes pour cet effet, & qu'il faut fort peu de changement dans la compoſition & union des principes, pour faire des compoſés très-différens. Je ſçai pluſieurs expériences ſur leſquelles on peut fonder cette hypothèſe: J'ai choiſi celles qui ſuivent, dont la plupart ſont fort communes, & dont vous pourrés tirer facilement les inductions néceſſaires pour en être perſuadé.

Les pierres à feu ont une enveloppe groſſiére qui ſert de filtre pour ſéparer l'inflammable, de l'humidité aqueuſe, qui empêche le feu. Les diamans & les autres pierres précieuſes ont auſſi quelques enveloppes pour filtrer leurs parties les plus pures & tranſparentes. Les métaux ſe forment à peu près de même; & par cette raiſon les Plantes peuvent avoir des vertus différentes, par les ſeules différentes filtrations de leurs principes communs.

Si on laiſſe échauffer le vin nouveau tout ſeul, il perd en peu de tems toute ſa douceur, principalement ſi on laiſſe les tonneaux ouverts: mais ſi on le fait bouillir ſur le feu incontinent après que les raiſins ſont preſſés; la plupart des principes volatiles de la douceur ſe concentrent & ſe lient avec les parties les plus fixes du vin, en ſorte que cette douceur ſe conſerve pluſieurs années. J'ai éprouvé qu'ayant empli deux bouteilles égales, de vin nouveau non encore rougi, & ayant fermé l'une exactement, & laiſſé l'autre ouverte; le vin de cette derniére, après avoir jetté ſon écume pendant ſept ou huit jours, ſe trouva trouble & ſans aucune douceur, & celui de la premiére ſe trouva clair & limpide comme de l'eau de fontaine & très-doux: ce qui procédoit apparemment de ce que celui qui n'étoit point fermé avoit laiſſé agiter & élever les parties volatiles, dont l'union avec quelques autres principes fait la douceur, & qu'en même tems cette agitation avoit empêché les parties groſſiéres de tomber en lie au fond; au lieu que dans la bouteille ſeellée, ces mêmes eſprits volatiles étoient demeurés ſans mouvement conſidérable, ce qui avoit produit ces deux effets, de laiſſer tomber au fond la lie, & de conſerver la douceur: & ces différences ſi grandes, dans une même ſorte de vin, procédoient ſeulement de ce que l'un avoit été bien ſeellé, & l'autre non.

Lorſque le vin eſt fait, il conſerve fort long-tems ſa bonté, ſi les tonneaux ſont bien fermés; mais ſi on en laiſſe dans un verre à l'air, il

s'aigrit en peu d'heures, quoi qu'il ne diminuë pas fenfiblement de quantité. Or les qualités du vin & du vinaigre font fort différentes: le vin eft plus leger que l'éau, le vinaigre eft plus pefant; le vin eft fort nouriffant, le vinaigre maigrit & defféche; le vinaigre diffout des corps que le vin ne diffout pas; & toutes ces différentes qualités dépendent feulement de quelques legéres & infenfibles féparations de ce qui étoit auparavant uni.

Les Cormes font âpres un jour auparavant que d'être molles; & étant molles, elles font douces & bonnes à manger, quoiqu'elles n'ayent pas diminué fenfiblement de poids.

Si les pointes de l'ortie n'étoient pas vifibles, quelques-uns pourroient attribuer les petites enflures qu'elle excite avec douleur par fon attouchement, à quelque qualité occulte, ou à quelque principe particulier qui ne feroit pas dans les autres Plantes; & cependant ces pointes ne font vrai-femblablement qu'un tiffu des mêmes principes qui compofent le refte de l'ortie. Les piqueures de l'épine blanche font fouvent très-difficiles à guérir: On peut croire que cela ne procéde pas d'un principe vénéneux, mais de ce que fes pointes font très-aiguës, & affez fermes pour bleffer les tendons & les nerfs, ce que celles de l'épine noire & des autres Plantes ne peuvent faire que très-rarement. C'eft par la même raifon que les bleffures des aiguilles font plus dangereufes que celles des épingles. D'où l'on peut juger, que l'acrimonie, l'acidité, l'amertume, la douceur, &c. ne procédent pas de différens principes, mais de leurs mélanges ou unions plus ou moins exactes, ou des ftructures particuliéres, & des configurations différentes que reçoivent leurs petites parties.

Si on mêle exactement une certaine quantité de charbon, de falpêtre, & de fouphre; le compofé, qui eft ce qu'on appelle la poudre à canon, produit des effets admirables & de très-grande force dans les mines, dans les canons & dans plufieurs feux d'artifice. Mais fi on mêle négligemment ces matiéres, ou fi la dofe de chacune n'eft pas dans la proportion néceffaire; elles ne font aucun effet confidérable.

J'ai vû de l'eau qu'on difoit avoir été apportée d'une fontaine près du *Rhin* au deffus de *Cologne*, qui avoit le goût vineux, & étant mêlée dans du vin, le rendoit plus fort; mais fi on la laiffoit un peu éventer, elle perdoit prefque toute fa faveur & fa force fans qu'elle parût diminuée de poids.

Les mouches à miel trouvent le miel au fond des fleurs; & on le peut croire facilement, puifque, lors que nous fuçons le fond de certaines fleurs, comme de l'Ormin, de l'Ancolie, des Trefles, du Jafmin, &c. nous y trouvons une liqueur douce qui s'y eft filtrée & amaffée. Mais fi on laiffe éventer l'Hydromel, qui eft une liqueur compofée d'eau & de miel, il devient très-acide; parce que le tempérament des principes qui font ladouceur, fe change, & qu'il s'en fépare quelques uns par l'évaporation.

La

La racine appellée Manioque dans les Iles *Antilles*, a son suc venimeux; mais si on fait sortir une partie de ce suc en le pressant, & qu'on cuise le reste, le pain qu'on en fait, qu'on appelle Cassave, est bon & nourrissant.

Il suit de ces expériences, qu'on ne doit point attribuer à quelque principe particulier, ce qui fait le poison, ou la faculté purgative, &c. dans une Plante, mais seulement aux différentes unions & séparations de quelques parties des principes communs à toutes les Plantes.

On peut aussi juger que ces unions & séparations différentes procédent de la structure intime de chaque espéce de Plante, c'est à dire de l'arrangement de plusieurs petits tuyaux, de plusieurs petits cribles, &c. diversement figurez & disposez selon une maniére propre à produire tous les effets qui en doivent suivre.

D'où procedent ces causes.

Cette hypothèse étant reçuë comme la plus probable, il reste à examiner sur quelles conjectures on peut se fonder, pour juger à quoi une Plante est utile ou nuisible.

Par où l'on peut juger à quoi une Plante est utile ou nuisible: savoir par les experiences & non par l'inspection de sa construction:

Ma pensée est qu'il n'y a que les seules observations & expériences plusieurs fois réïtérées, qui nous en puissent instruire, & j'en fais la preuve en cette maniére.

Il est impossible ou très-difficile d'appercevoir, même avec les meilleurs microscopes, les différences des petits pores des Plantes, & les filtrations internes de leurs sucs; & quand on y pourroit distinguer quelque chose, il seroit encore très-difficile de deviner les propriétez particuliéres qui devroient étre produites par ces différences.

Les couleurs des fleurs, des fruits, &c. ne peuvent donner aucun indice certain de ces propriétez. Car les fleurs du Nappel & de l'Aconit sont bleuës, aussi bien que celles de la buglose & de la chicorée. Il y a des Pommes & des Poires qui sont d'un mauvais goût, quoiqu'elles ayent des couleurs très-vives & très-belles. Il y a des fruits venimeux qui ont leurs couleurs semblables à celles des Cerises, ou des Abricots; & quoique les tithymalles ayent leur suc blanc aussi bien que les laituës, il y a pourtant de trés-grandes différences entre leurs propriétez.

Ni par leur couleur:

Les indices qu'on pourroit tirer des odeurs sont encore trés-incertains. Il y a des espéces de Champignons qui plaisent à l'odorat, & ne laissent pas d'être venimeux. Les Pommes de Mandragore ont une odeur assez agréable, quoiqu'elles ayent des qualités très-nuisibles. Entre plusieurs Melons qui ont une odeur également agréable, il y en a qui sont d'un goût excellent, & d'autres qui sont fades & insipides. Le Romarin, le Myrte, la Lavande, l'Absinthe, &c. qui ont les feuilles odoriférantes, poussent au commencement des distillations, une huile que les Chymistes appellent essentielle; d'où l'on peut conjecturer que leur odeur procéde de leurs parties huileuses & inflammables: mais les fleurs odoriférantes, comme la rose, la jonquille, & l'œillet, ne s'accordent pas à cette hypothèse, car elles ne donnent point d'huile

Ni par leur odeur:

essen-

effentielle. Si l'on froiffe entre les doigts les feuilles de la meliffe, elles deviennent plus odoriférantes, comme fi leurs parties huileufes & fulphurées, qui font moins volatiles que les vapeurs aqueufes, avoient befoin d'être échauffées pour faciliter leur évaporation; mais les feuilles d'une Rofe étant froiffées perdent leur odeur. Le bec de gruë mufqué ne fent rien qu'après le Soleil couché, & il eft difficile d'en donner d'autre raifon, finon que fon odeur eft produite par quelques petites parties fort fubtiles & legéres qui s'élévent toutes feules fans mélanges de vapeurs aqueufes, quand la Plante n'eft pas échauffée. Les feuilles de Myrte & d'Abfinthe pouffent des efprits armoniaques au commencement de la diftillation: La plupart des fleurs odoriférantes ne pouffent alors que des efprits acides. L'encens brulé eft d'agréable odeur; Les Rofes brulées & le vin jetté dans le feu, donnent des vapeurs puantes.

De ces expériences il eft facile de conclure que les bonnes ou mauvaifes odeurs procédent quelquefois du mélange de deux ou trois principes particuliers, & d'autrefois du mélange de deux ou trois autres; mais que ces différentes combinaifons ne peuvent être bien connuës, & que quand elles le feroient, elles ne feroient pas connoitre les unions ou féparations des autres principes qui font les principales vertus des Plantes.

Ni par les Saveurs:

Les Saveurs nous peuvent encore facilement tromper. Entre les herbes améres quelques unes font venimeufes, d'autres font falutaires. Il y en a d'également infipides qui ont des qualités très-différentes; & l'on ne peut même dire certainement quels principes font les faveurs, ni par conféquent on ne peut fonder fur le goût une connoiffance certaine des vertus particuliéres des Plantes, & de leurs différentes propriétez.

Ni par les opérations de la Chymie.

Elles ne peuvent non plus être connuës par les opérations de la Chimie; car on trouvera beaucoup de Plantes nourriffantes qui donnent dans leurs diftillations, des Sels, des Huiles, des Efprits, &c. femblables pour le goût, pour l'odeur, & pour d'autres effets, à celles que donnent la ciguë & les tithymalles.

L'*Arum* qui prend au gofier, & l'*Hydropiper* qui eft fi piquant fur la langue, donnent des fels fixes, des fels volatiles, des efprits acides, & des huiles à peu près femblables à celles que donnent la laituë & le pourpier, qui font prefque infipides. Le Vin & l'Yvraië enivrent; le Blé ne le fait point, ni le fucre, quoiqu'on puiffe tirer de l'efprit ardent de ces matiéres, auffi bien que du Vin & de l'Yvraië.

Dira-t-on que les Plantes qui abondent en efprit leger & armoniac échaufferont, & que celles qui ont beaucoup d'efprit acide rafraichiront? Que celles dont le fel fixe reffemble au fel commun parce qu'il ne trouble pas le fublimé diffous, auront d'autres vertus que celles dont le fel reffemble à celui qu'on tire des lies de vin brulées, qu'on appelle fel de tartre? Mais toutes ces conjectures font trompeufes. Les Chicorées, les

les Laituës, & plusieurs autres herbes qui rafraichissent, ne font paroître aucun esprit acide, mais beaucoup d'esprit leger ou armoniac. L'Ortie fait la même chose, quoiqu'elle soit apparemment bien différente des Laituës & des Chicorées.

Les Plantes naissantes ne donnent point ou très-peu d'esprit acide, & elles en donnent beaucoup d'armoniac, même au commencement de la distillation; mais étant meûres & prêtes à sécher, elles donnent beaucoup d'esprit acide & peu d'armoniac, sinon sur la fin de la distillation: & cependant on ne fait pas ordinairement de distinction entre les vertus qu'elles ont étant jeunes, & celles qu'elles ont étant adultes.

L'extrait de Noix de Galle mêlé avec des œufs dans un plat, les coägule & les fait paroître cuits: l'esprit de vin fait la même chose; & ces matiéres les cuisent aussi promptement, que si on mettoit le plat sur un assez grand feu. Le sel armoniac & le sel de tartre font des effets contraires à ceux de la Noix de Galle, & de l'esprit de vin; car ils empêchent le sang de se coäguler, lors qu'étant fraichement tiré, on y mêle de l'eau où ces sels sont dissous: & on ne peut pas dire que dans la Noix de Galle & dans l'esprit de vin il n'y ait point de sel armoniac ou de sel lixiviel. D'où il est évident, que les distillations ne peuvent donner à connoître ces mélanges & ces unions imperceptibles, non plus qu'on ne peut juger qu'est-ce qui arrive au bois pourri pour devenir lumineux, ou pourquoi le fumier des bœufs ne s'échauffe point, & que celui des chevaux & des moutons, qui vivent des mêmes herbes que les bœufs, s'échauffe.

Que si on trouve de la différence dans les sels de quelques Plantes après la distillation, cela peut procéder de ce que quelques-uns retiennent par une exacte union quelques autres principes que le feu n'a pû séparer, ou même que le feu a fait de nouvelles unions; & ainsi le feu peut ôter une qualité nuisible à une Plante, & en donner une nuisible à une autre qui ne l'avoit pas: Car, puisque leurs vertus viennent des unions & des mélanges différens de quelques principes, & que la Chimie fait de nouvelles unions & séparations; Elle peut tirer du poison d'une Plante salutaire, & un bon reméde d'une Plante venimeuse; mais elle ne fera pas connoître ce qui fait leur bonté ou leur malignité dans leur état naturel, & il faudra attendre long-tems avant qu'on puisse venir à bout de cette découverte. On pourroit même dire que les Plantes telles qu'elles sont en leur état naturel, nous doivent mieux faire connoître leurs vertus, que lors qu'elles sont changées par les distillations, & on peut le prouver par les raisons suivantes.

Les Principes des Plantes étant mêlés dans la terre, & chacun d'eux y trouvant son correctif, on n'y remarque ni odeur ni saveur, ni presque aucune vertu salutaire ou nuisible, & les décoctions des terres communes ne feront aucun mal à ceux qui en boiront. Mais la disposition particuliére de chaque Plante, arrangeant diversement ces principes, fait

paroître dans les fleurs & dans les fruits de certaines Plantes, des couleurs très-belles & très-vives, des ſaveurs exquiſes, des odeurs agréables; & dans d'autres Plantes, de mauvaiſes odeurs, de l'amertume, &c: leſquelles choſes diverſes les font diſtinguer facilement les unes des autres, & nous donnent quelquefois d'aſſez bonnes conjectures pour connoître leur bonté ou leur malignité. Au lieu que l'action du feu confond toutes ces choſes, & qu'il eſt même difficile de diſcerner par les ſens, de quelles Plantes procédent les eaux, les huiles, & les autres matiéres qu'on en a tirées par la diſtillation.

On peut même douter ſi quelques-uns des principes les plus agiſſans des Plantes, comme ceux qui ſont le poiſon, ou qui ſervent à la guériſon des malades, ne s'évaporent pas par la grande chaleur des fourneaux, à travers les cornuës & les ballons de verre; puiſque l'on remarque que la vertu des eaux minérales ſe perd ou ſe diminuë dans peu de jours, en les tranſportant d'un lieu en un autre, quoique les vaiſſeaux qui les contiennent ſoient ſcelés bien exactement. On peut encore douter s'il ne paſſe pas quelque choſe de la matiére du feu, ou de celle des vaiſſeaux, dans les matiéres diſtillées.

Que ſi l'on dit que les opérations de la Chymie pourront faire connoître les Plantes qui auront une plus grande quantité de certains principes; je répons qu'il s'y trouvera encore beaucoup de difficultés: car les divers degrés de feu, l'âge des Plantes, les lieux où elles ont cru, la différence des ſaiſons plus ou moins pluvieuſes; la différente exactitude de luter les vaiſſeaux dans leſquels ſe font les diſtillations, leurs différentes matiéres, le mélange différent de leurs parties avec les matiéres diſtillées, la fixation des ſels volatiles par les fixes, & la volatiliſation des fixes par les volatiles, pourront faire qu'une Plante qui a naturellement plus de ſel fixe ou de ſel volatile qu'une autre, en fera moins paroître, & ainſi des autres principes. De toutes leſquelles choſes je conclus, que la Chymie ne peut donner aucune lumiére pour faire connoître qu'elles ſont les cauſes des effets particuliers de chaque Plante.

J'avouë donc ici nettement mon ignorance, & que dans la recherche que j'ai faite de ces cauſes particuliéres, je n'ai rien découvert qui me pût ſatisfaire, & qui eût la moindre apparence de certitude. C'eſt pourquoi je conſeille aux Savans de ne pas ſe tourmenter à les chercher, ſoit par la Chymie, ſoit par les raiſonnemens qu'ils pourroient fonder ſur l'hypothèſe commune du chaud, du froid, du ſec, & de l'humide, ou ſur celle de l'acide & de l'alcali, &c; mais de s'arrêter ſeulement à ce que les obſervations & les expériences de pluſieurs ſiécles nous en ont pû faire découvrir. C'eſt par leur moyen que nous connoiſſons les Plantes venimeuſes, & la force de leur poiſon; & que nous ſavons faire le choix de celles qui ſont de bons alimens, de celles qui nous rafraichiſſent, qui ſont diurétiques, qui purgent, &c.

Pour

Avis ſur les moyens de faire des progrès dans la Médecine.

Pour faire donc quelque choſe d'utile au public, il faut vérifier par pluſieurs nouvelles expériences, ce que les Anciens & les Modernes ont dit ou écrit touchant les propriétez des Plantes, ſoit de chacune en particulier, ſoit de pluſieurs jointes enſemble. Par ce moyen on pourra s'aſſurer de la bonté des médicamens: & pour faire de notables progrès dans la Médecine, il faudroit que les Princes & les Républiques fiſſent propoſer & donner des récompenſes très-conſidérables à ceux qui découvriroient que quelque Plante particuliére, ou le mélange de quelques unes, fût propre à la guériſon de certaines maladies; pourvû qu'ils le fiſſent connoître par des expériences ſuffiſantes, c'eſt à dire, que ſi leur reméde guériſſoit en peu de tems, les deux tiers, ou les trois quarts d'un grand nombre de malades, il ſeroit reçu pour bon, & ils en recevroient la récompenſe, en inſtruiſant le public de la maniére de le préparer & de l'appliquer.

Je crois que c'eſt l'unique moyen d'établir quelque certitude dans la connoiſſance des vertus particuliéres des Plantes, & qu'on ne peut par aucun autre artifice ou par aucun raiſonnement les découvrir, & qu'il eſt même dangereux de s'appuyer ſur de foibles conjectures dans ces matiéres.

Voilà, Monſieur, à peu près, ce que j'ai pû apprendre touchant les Plantes, dont apparemment vous ne ſerez pas ſatisfait. Mais il vaut mieux ſavoir quelque choſe dans les matiéres difficiles, que de les ignorer entiérement; & c'eſt même beaucoup, de pouvoir ſe deffendre de croire des choſes fauſſes, qui par leur prévention nous empêchent ſouvent de connoître la verité, lorſque le hazard ou le raiſonnement nous la pourroit faire découvrir.

F I N.

SECOND ESSAI.
DE LA
NATURE
DE
L'AIR.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

DISCOURS DE LA NATURE DE L'AIR.

L'Air est si néceſſaire à la conſervation de notre vie, & ſon étenduë eſt d'une grandeur ſi conſidérable, que ceux qui s'appliquent à la connoiſſance des choſes naturelles, ne doivent pas négliger de rechercher ſes diverſes propriétez; elles ſont très-ſurprenantes, & en grand nombre, mais la plupart ſont très-difficiles à expliquer.

Quelques Philoſophes ſoutiennent que l'Air n'eſt autre choſe que les évaporations de l'eau & des autres matiéres contenuës dans la terre, qui s'élévent par la chaleur du Soleil. Les Enfans & les Hommes groſſiers ont bien de la peine à être perſuadés de ſon exiſtence, parce que ſa tranſparence le rendant inviſible, ils ſe laiſſent facilement prévenir qu'il n'y a rien dans un vaiſſeau où l'on n'a verſé aucune liqueur, ni mis aucun autre corps viſible. On commence à s'en apercevoir par la réſiſtance qu'il fait au mouvement des corps larges & peu épais, comme ſont les feuilles de papier, ou l'aile d'un grand oiſeau, & par le bruit qu'il fait en ſortant de l'eau, lors qu'on y plonge une bouteille ou une cruche vuide.

On a beaucoup plus de peine à croire qu'il a de la peſanteur, & il faut beaucoup de raiſonnemens & d'expériences, pour s'en laiſſer perſuader, parce que s'élevant au deſſus de l'eau & de toutes les autres liqueurs, on attribuë ce mouvement de bas en haut, à une légéreté abſoluë.

Premiére propriété de l'air, qui eſt ſa peſanteur.

La preuve qui paroît la plus forte pour établir la peſanteur de l'Air, eſt celle qu'on tire d'un effet ſurprenant qu'on voit arriver dans des tuyaux de verre de trois ou quatre piés de hauteur, fermés par un bout & remplis de mercure. L'expérience en eſt aſſez connuë : On ferme avec le doigt le bout ouvert d'un de ces tuyaux, & après l'avoir renverſé on plonge ce bout ouvert dans d'autre mercure, mis dans quelque vaiſſeau; on ôte le doigt, & alors le tuyau ne ſe vuide pas entiérement, mais il demeure rempli de mercure juſqu'à la hauteur d'environ vingt-ſept pouces & demi. C'eſt ce qu'on appelle l'expérience du vuide, & ce tuyau avec le mercure s'appelle un Barométre, à cauſe qu'on s'en ſert à meſurer la peſanteur de l'air, par le moyen des différentes hauteurs où ce mercure enfermé demeure, ſelon les diverſes diſpoſi-

 tions

tions du tems ; car il y a de certains jours où il s'éléve à *Paris* jusques à vingt-huit pouces & quatre ou cinq lignes ; & d'autres jours où il ne s'éléve qu'à vingt-sept pouces, moins une ou deux lignes ; & ordinairement il demeure dans les hauteurs, comme de vingt-sept pouces & demi, ou de vingt-sept pouces & huit lignes.

Pour faire voir que cette élévation de mercure & ces changemens de hauteur sont des effets des poids différens dont la surface du mercure qui est dans le vaisseau est chargée, faites plonger un Barométre dans une eau profonde & fort claire, & vous verrez que la hauteur de trois piés & demi d'eau par dessus cette surface, fera monter le mercure vers le bout d'enhaut, environ trois pouces plus haut qu'il n'étoit dans l'air ; & que la hauteur de quatorze pouces ne le fera élever qu'à un pouce plus haut : ce qui procéde manifestement de ce que le mercure pesant quatorze fois plus que l'eau, comme on le peut connoître par le moyen d'une balance ; le poids de trois piés & demi d'eau fait équilibre au poids de trois pouces de mercure, & le poids de quatorze pouces, à celui d'un pouce ; & par conséquent trois piés & demi d'eau le doivent faire monter à trois pouces plus haut, & quatorze pouces, à un pouce seulement. Et parce qu'on voit par plusieurs expériences, que lors qu'on porte un Barométre dans un lieu profond, le mercure s'éléve plus haut que quand il est à la surface de la terre, & qu'il baisse beaucoup plus dans les lieux fort élevés que dans ceux d'une médiocre hauteur ; on tire facilement la même conséquence que celle qu'on tire à l'égard de l'eau ; savoir, que plus il y a d'air au dessus du mercure du vaisseau où le bout du tuyau est plongé, plus le mercure s'éléve, & que lorsqu'ils s'éléve à vingt-huit pouces, c'est une marque qu'une colomne de mercure de vingt-huit pouces pése autant que la colomne d'air de même largeur, qui s'étend alors depuis la surface du mercure qui est dans le vaisseau, jusq'au haut de l'Atmosphére, c'est à dire jusques à la plus haute surface qui termine l'air.

On fait encore plusieurs autres expériences qui prouvent suffisamment que l'air est pesant, & les raisons par lesquelles quelques-uns ont voulu prouver qu'il étoit absolument leger, sont si foibles, qu'elles ne valent pas la peine d'être refutées.

Seconde propriété de l'air, qui est de pouvoir être condensé & dilaté & d'avoir la vertu de ressort.

La seconde propriété de l'air, est de pouvoir être extrémement condensé & dilaté, & de conserver toujours une vertu de ressort, par laquelle il repousse ou fait effort pour repousser les corps qui le pressent, jusqu'à ce qu'il ait repris son extension naturelle. La plupart des autres ressorts s'affoiblissent peu à peu, mais on ne remarque point que celui de l'air s'affoiblisse ; & quelques-uns m'ont dit avoir vû des Arquebuses à vent chargées depuis plus d'un an, faire le même effet qu'étant chargées de nouveau. L'Air se dilate aussi trés-facilement par la chaleur, & se condense par le froid, comme on le remarque tous les jours par plusieurs expériences.

Il

Il ne faut pas croire que l'Air qui eſt proche de la ſurface de la terre, & que nous reſpirons, ait ſon étenduë naturelle : car, puiſque celui qui eſt au deſſus eſt peſant, & qu'il a une vertu de reſſort ; celui qui eſt ici bas étant chargé du poids de toute l'Atmoſphére, doit être beaucoup plus condenſé que celui qui eſt le plus élevé, qui a la liberté entiére de ſe dilater ; & celui qui eſt entre ces deux extrémités doit être moins condenſé que celui qui touche la terre, & moins dilaté que celui qui en eſt le plus éloigné.

On peut comprendre à peu près cette différence de condenſation de l'Air, par l'exemple de pluſieurs éponges qu'on auroit entaſſées les unes ſur les autres. Car il eſt évident, que celles qui ſeroient tout au haut, auroient leur étenduë naturelle ; que celles qui ſeroient immédiatement au deſſous, ſeroient un peu moins dilatées ; & que celles qui ſeroient au deſſous de toutes les autres, ſeroient très-ſerrées & condenſées. Il eſt encore manifeſte, que ſi on ôtoit toutes celles du deſſus, celles du deſſous reprendroient leur étenduë naturelle par la vertu de reſſort qu'elles ont, & que ſi on en ôtoit ſeulement une partie, elles ne reprendroient qu'une partie de leur dilatation.

La premiére queſtion qu'on peut faire là deſſus, eſt de ſavoir ſi l'Air ſe condenſe préciſément ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé, ou ſi cette condenſation ſuit d'autres loix & d'autres proportions. Voici les raiſonnemens que j'ai faits pour ſavoir ſi la condenſation de l'Air ſe fait à proportion des poids dont il eſt preſſé.

Sa Condenſation ſe fait ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé.

Etant ſuppoſé, comme l'expérience le fait voir, que l'Air ſe condenſe davantage lorſqu'il eſt chargé d'un plus grand poids ; il s'enſuit néceſſairement, que, ſi l'Air qui eſt depuis la ſurface de la terre juſqu'à la plus grande hauteur où il ſe termine, devenoit plus leger, ſa partie la plus baſſe ſe dilateroit plus qu'elle n'eſt, & que s'il devenoit plus peſant, cette même partie ſe condenſeroit davantage. Il faut donc conclure que la condenſation qu'il a proche de la terre, ſe fait ſelon une certaine proportion du poids de l'Air ſupérieur dont il eſt preſſé, & qu'en cet état, il fait équilibre par ſon reſſort préciſément à tout le poids de l'Air qu'il ſoutient.

De là il s'enſuit, que ſi on enferme dans un Barométre du mercure avec de l'Air, & qu'on faſſe l'expérience du vuide ; le mercure ne demeurera pas dans le tuyau à la hauteur qu'il étoit : car l'Air qui y eſt enfermé avant l'expérience, fait équilibre par ſon reſſort au poids de toute l'Atmoſphére, c'eſt à dire de la colomne d'Air de même largeur, qui s'étend depuis la ſurface du mercure du vaiſſeau juſqu'au haut de l'Atmoſphére, & par conſéquent le mercure qui eſt dans le tuyau ne trouvant rien qui lui faſſe équilibre, il deſcendra : mais il ne deſcendra pas entiérement ; car lorſqu'il deſcend, l'Air enfermé dans le tuyau ſe dilate, & par conſéquent ſon reſſort n'eſt plus ſuffiſant pour faire équilibre avec tout le poids de l'Air ſupérieur. Il

faut

faut donc qu'une partie du mercure demeure dans le tuyau à une hauteur telle que l'Air qui eſt enfermé étant dans une condenſation qui lui donne une force de reſſort capable de ſoutenir ſeulement une partie du poids de l'Atmoſphére, le mercure qui demeure dans le tuyau, faſſe équilibre avec le reſte; & alors il ſe fera équilibre entre le poids de toute cette colomne d'Air, & le poids de ce mercure reſté joint avec la force du reſſort de l'air enfermé. Or ſi l'air ſe doit condenſer à proportion des poids dont il eſt chargé; il faut néceſſairement qu'ayant fait une expérience en laquelle le mercure demeure dans le tuyau à la hauteur de quatorze pouces, l'air qui eſt enfermé dans le reſte du tuyau, ſoit alors dilaté deux fois plus qu'il n'étoit avant l'expérience; pourvû que dans le même tems les Barométres ſans Air élévent leur mercure à vingt-huit pouces préciſément.

Pour ſavoir ſi cette conſéquence étoit véritable, j'en fis l'expérience avec le Sieur *Hubin*, qui eſt très-expert à faire des Barométres & des Thermométres de pluſieurs ſortes. Nous nous ſervimes d'un tuyau de quarante pouces, que je fis emplir de mercure juſqu'à vingt-ſept pouces & demi, afin qu'il y eût douze pouces & demi d'air, & qu'étant plongé d'un pouce dans le mercure du vaiſſeau il y eût trente-neuf pouces de reſte, pour contenir quatorze pouces de mercure, & vingt-cinq pouces d'Air dilaté au double. Je ne fus point trompé dans mon attente: car le bout du tuyau renverſé étant plongé dans le mercure du vaiſſeau, celui du tuyau deſcendit, & après quelques balancemens, il s'arrêta à quatorze pouces de hauteur; & par conſéquent l'air enfermé qui occupoit alors vingt-cinq pouces, étoit dilaté au double de celui qu'on y avoit enfermé, qui n'occupoit que douze pouces & demi.

Je lui fis faire encore une autre expérience, où il laiſſa vingt-quatre pouces d'Air au deſſus du mercure, & il deſcendit jusques à ſept pouces, conformément à cette hypothèſe; car ſept pouces de mercure faiſant équilibre au quart du poids de toute l'Atmoſphére, les trois quarts qui reſtoient étoient ſoutenus par le reſſort de l'air enfermé, dont l'étenduë étant alors de trente-deux pouces, elle avoit même raiſon à la premiére étenduë de vingt-quatre pouces, que le poids entier de l'air aux trois quarts du même poids.

Je fis faire encore quelques autres expériences ſemblables, laiſſant plus ou moins d'air dans le même tuyau, ou dans d'autres plus ou moins grands; & je trouvai toujours, qu'après l'expérience faite, la proportion de l'air dilaté, à l'étenduë de celui qu'on avoit laiſſé au haut du mercure avant l'expérience, étoit la même que celle de vingt-huit pouces de mercure, qui eſt le poids entier de l'Atmoſphére, à l'excès de vingt-huit pouces par deſſus la hauteur où il demeuroit après l'expérience: ce qui fait connoître ſuffiſamment, qu'on peut prendre pour une régle certaine ou loi de la nature, que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt chargé.

Que

Que si l'on en veut faire des expériences plus sensibles, il faut avoir un tuyau recourbé, dont les deux branches soient parallelles, & dont l'une soit d'environ huit piés de hauteur, & l'autre de douze pouces; la grande doit être ouverte au haut, & l'autre seellée exactement.

On commencera à verser un peu de mercure pour remplir le fond où est la communication des deux branches, & on fera en sorte que le mercure ne soit pas plus haut dans l'une que dans l'autre, afin d'être assuré que l'air enfermé n'est pas plus condensé ou dilaté que l'air libre.

On versera ensuite peu à peu du mercure dans le tuyau, prenant garde que le choc ne fasse entrer de nouvel air avec celui qui est enfermé, & on verra, comme je l'ai vû plusieurs fois, que, lorsque le mercure sera élevé à quatre pouces dans la petite branche, le mercure sera dans l'autre quatorze pouces plus haut, c'est à dire dix-huit pouces au dessus du tuyau de communication: ce qui doit arriver, si l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé; puisque l'air enfermé est alors chargé du poids de l'Atmosphére qui est égal au poids de vingt-huit pouces de mercure, & encore de celui de quatorze pouces, dont la somme 42 pouces est à 28 pouces premier poids qui tenoit l'air à douze pouces dans la petite branche, réciproquement comme cette étenduë de douze pouces est à l'étenduë restante de huit pouces.

Si l'on verse de nouveau mercure jusqu'à ce qu'il soit monté à 6 pouces dans la petite branche, & qu'il n'y reste que 6 pouces d'air, le mercure sera dans l'autre branche plus haut de 28 pouces que le haut de ces six pouces; ce qui doit arriver suivant la même hypothèse: car alors l'air enfermé sera chargé de 28 pouces de mercure, & de la pesanteur de l'Atmosphére qui en vaut aussi 28, dont la somme 56 est double de 28, comme la premiére étenduë de 12 pouces d'air est double des 6 pouces qui restent; & lorsqu'en continuant de verser du mercure dans la grande branche, il sera dans la petite à 8 pouces de hauteur, il y aura 56 pouces de mercure au dessus, dans la grande branche, ce qui fait encore la même proportion.

Si on veut pousser l'expérience plus loin, on pourra verser encore du mercure, jusqu'à ce que l'air de la petite branche soit réduit à 3 pouces; & on verra que dans l'autre branche, le mercure sera élevé à 84 pouces plus haut, lesquels avec les 28 du poids de l'Atmosphére font 112, nombre quadruple de 28, de même que la premiére étenduë de 12 pouces est quadruple de la derniére de 3 pouces.

Pour bien faire ces expériences, il faut que la petite branche soit d'une largeur uniforme par tout; car pour la grande, il n'est pas nécessaire que sa largeur soit précisément égale en toute sa longueur.

Par cette régle de la nature, on peut résoudre plusieurs Problêmes de Physique assez curieux. Le premier est celui-ci.

Problêmes qu'on peut resoudre par ce qu'on vient d'établir.

I. PROBLÉME.

Etant donnée la hauteur où l'on veut que le mercure demeure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver la quantité de l'air qu'il y faut laisser avant l'expérience.

Soit 4 pouces la hauteur donnée du mercure, & soit le tuyau de 37 pouces, dont on doit plonger un pouce dans le mercure du vaisseau, afin qu'il reste 36 pouces au dessus. Soit supposé que l'expérience soit faite, & que le mercure se soit mis à 4 pouces de hauteur. Donc il restera 32 pouces d'air dilaté. Mais comme 28 pouces, poids entier de l'Atmosphére, est à 24, différence de 4 grandeur donnée, & de 28; ainsi 32 est à 27 $\frac{3}{7}$. Donc 27 pouces $\frac{3}{7}$ est l'étenduë de l'air qu'il faut laisser au dessus du mercure avant l'expérience, afin qu'après l'expérience, le mercure s'arrête à 4 pouces de hauteur. Si le tuyau est de 24 pouces, & qu'on veuille réduire le mercure à 7 pouces, il faut supposer que le bout ouvert du tuyau soit plongé d'un pouce dans le mercure, afin qu'il reste 23 pouces, dont les 7 pouces de mercure étant ôtez, il restera 16 pouces pour l'air dilaté: Et parce que 28 est à 21 différence de 7 & de 28, comme 16 est à 12; on jugera qu'il faudra mettre dans le tuyau 12 pouces d'air au dessus du mercure. On résoudra de même les autres questions semblables.

II. PROBLÉME.

Etant donnée la quantité d'air qu'on veut laisser au dessus du mercure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver à quelle hauteur le mercure se mettra après l'expérience.

Cette question se peut résoudre par le calcul de l'Algébre, en cette sorte. Soit la hauteur du tuyau 25 pouces, & l'étenduë donnée de l'air 9 pouces; on demande, à quelle hauteur le mercure demeurera dans le tuyau après l'expérience? Soit appellée A l'augmentation de l'étenduë de l'air enfermé: & parce que le bout du tuyau doit être plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau, & qu'il n'y restera que 24 pouces; si on apelle 9 + A l'étenduë de l'air dilaté, le reste du tuyau jusques à 24 sera 15 — A, qui est la grandeur inconnuë qu'on cherche. Or, par la régle expliquée ci-dessus, 28 pouces de mercure doivent avoir un même raport à la différence qui est entre ces 28 pouces, & la hauteur où il doit demeurer dans le tuyau, que l'étenduë de l'air dilaté, c'est à dire 9 pouces plus A, à 9 pouces. Donc par conversion de raison, 9 + A sera à A, comme 28 à 15 — A. D'où il s'ensuit, que le produit des extrémes 9 + A & 15 — A, sera égal à celui de 28 par A. Donc le premier produit, savoir 135 + 6 A — A ^{2} sera égal à 28 A;

&

& ajoutant A^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre 135 + 6 A, & 28 A + A^2; & ôtant 6 A de chacune de ces grandeurs, il y aura encore égalité entre A^2 + 22 A & 135, & enfin entre A^2 & 135 — 22 A; & si on joint le quarré de 11 moitié de 22 à 135, la somme sera 256, dont la racine quarrée est 16, duquel nombre ôtant les 11 ci-dessus, le reste 5 sera la valeur de l'étenduë qu'on a appellée A, & par conséquent 15 — A vaudra 10 pouces, hauteur requise où se mettra le mercure après l'expérience.

On trouvera de même la hauteur du mercure dans d'autres tuyaux, quelque étenduë d'air qu'on ait laissée sur le mercure avant l'expérience, soit que cette étenduë se puisse exprimer par nombres, ou seulement par lignes; & les expériences se trouveront conformes à ces raisonnemens. On peut même réduire en lignes les grandeurs données, & on trouvera aisément la ligne de la hauteur où se mettra le mercure, si on sçait médiocrement les régles de l'Algébre.

III. PROBLÉME.

Etant donnée la hauteur d'un tuyau plein d'air, trouver à quelle profondeur il faudra plonger le bout ouvert dans le mercure du vaisseau, afin qu'il monte dans ce tuyau situé perpendiculairement à une hauteur donnée possible.

Soit le tuyau de 10 pouces uniformément large, & soit un pouce la hauteur donnée. Donc l'air du tuyau se doit réduire à 9 pouces, puisque le mercure y doit entrer d'un pouce; & suivant les raisonnemens ci-dessus, comme 9 est à 10, ainsi réciproquement 28 pouces de mercure, à 31 pouces $\frac{1}{9}$. Ce qui fera connoître qu'il faudra que la surface du mercure du vaisseau soit 3 pouces $\frac{1}{9}$ au dessus du mercure qui sera monté dans le tuyau, & par conséquent qu'il faudra que le bout ouvert soit enfoncé de 4 pouces $\frac{1}{9}$ dans le mercure du vaisseau; ce qui se prouve parce que le poids du mercure de 3 pouces $\frac{1}{9}$ joint au poids de l'Atmosphére, qu'on suppose égal à celui de 28 pouces de mercure, chargera l'air du tuyau d'un poids de 31 pouces $\frac{1}{9}$: & 31 pouces $\frac{1}{9}$ est à 28 réciproquement, comme 10 pouces, étenduë premiére de l'air du tuyau, est aux 9 pouces qu'il doit occuper après l'expérience.

On se servira d'un raisonnement semblable pour trouver à quelle hauteur l'eau montera dans un tuyau vuide fermé par le bout d'enhaut, lorsqu'on le plonge perpendiculairement dans de l'eau, prenant pour le poids de l'Atmosphére, 32 piés d'eau douce, ou 30 d'eau salée, au lieu de 28 pouces de mercure. De là on jugera que, si on descend un homme dans la mer sous une cloche pleine d'air, lors qu'elle sera à 30 piés de profondeur, l'air se réduira à la moitié de l'espace qu'il occupoit; ce qui n'a pas été remarqué par quelques-uns qui ont parlé de cette expérience.

Le reſſort de l'air fait le même équilibre, qu'étant avec ſon poids.

TAB. V. fig. 48.

C'eſt une choſe très-ſurprenante que le reſſort de l'air puiſſe faire le même équilibre, que lors qu'il eſt joint avec ſon poids; il n'eſt pas difficile d'en faire des expériences, & on peut prouver cet effet en cette maniére.

Ayez une bouteille de verre comme A B C D de figure Cylindrique, haute de 123 lignes $\frac{2}{5}$, & d'une telle largeur que ſa baſe intérieure ſoit à un cercle d'une ligne de diamétre, comme 1005 eſt à l'unité; verſez y du mercure C E F D, juſques à la hauteur d'un pouce, afin qu'il reſte 111 lignes $\frac{2}{5}$ d'air; & y faites entrer un tuyau de verre de 29 ou 30 pouces de hauteur, & d'une ligne de largeur intérieure, ouvert aux deux bouts, dont celui d'embas trempe d'environ 4 lignes dans le mercure: ſeellez ce tuyau exactement au cou de la bouteille, de maniére que l'air qui eſt en A F n'aye aucune communication avec l'air extérieur: mettez enſuite cette bouteille & ſon tuyau dans la machine du vuide ſous un récipient de verre I L M d'une grandeur ſuffiſante; Je dis que, ſi on peut pomper tout l'air qui eſt ſous le récipient, le mercure deſcendra par la force du reſſort de l'air de la bouteille juſques en N O, ſi N E eſt d'un tiers de ligne, & qu'il s'élévera dans le tuyau juſques à la hauteur de 27 pouces 11 lignes au deſſus de la ſurface N O. Car, d'autant que l'air ſe condenſe ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé, il doit auſſi ſoutenir des poids ſelon la proportion réciproque de ſes condenſations: & parce que la baſe du Cylindre E O eſt à la baſe du Cylindre de mercure, qui eſt dans le tuyau, comme 1005 eſt à l'unité; ſi la hauteur E N eſt d'un tiers de ligne, le Cylindre E O ſera égal à un Cylindre de 27 pouces 11 lignes de hauteur dans le tuyau, puiſque la hauteur de 27 pouces 11 lignes, c'eſt à dire 335 lignes, eſt à un tiers de ligne, comme 1005 eſt à l'unité. Mais l'étenduë de l'air A N de 112 lignes eſt à l'étenduë A E de 111 lignes $\frac{2}{5}$ réciproquement, comme le poids de 28 pouces de mercure, c'eſt à dire 336 lignes, eſt à celui de 335 lignes. D'où il s'enſuit, que le reſſort de l'air A O ſoutiendra une hauteur de 335 lignes de mercure, comme celui du même air, lorſqu'il n'occupoit que l'eſpace A F, en pouvoit ſoutenir une hauteur de 336 lignes, ſuivant ce qui a été expliqué ci-deſſus dans les expériences du tuyau recourbé; & par conſéquent, le ſeul reſſort de l'air fera monter le mercure dans le tuyau juſques à la hauteur de 27 pouces 11 lignes. Il eſt vrai que, comme il demeure toujours un peu d'air ſous les récipiens dans les machines du vuide, ſon reſſort quoique foible diminuera un peu de la force de celui de la bouteille, & pourra réduire l'élévation du mercure dans le tuyau à 27 pouces 6 lignes, ou à 27 pouces 8 lignes, &c; & en ce cas l'air de la bouteille s'étendra un peu moins que d'un tiers de ligne.

De cette propriété du reſſort de l'air, on peut juger que, ſi un Barométre dans un cabinet avoit ſon mercure élévé de 28 pouces, il demeureroit encore à cette hauteur après qu'on auroit fermé le cabinet

très-exactement pour empêcher l'air du dehors d'y entrer, & qu'il pourroit même monter plus haut, si on échauffoit l'air du cabinet, puisque la force de son ressort seroit augmentée par la chaleur.

On trouvera par de semblables raisonnemens fondez sur la force du ressort de l'air, que si on enferme une égale quantité d'air au dessus du mercure dans des tuyaux de différentes hauteurs, le mercure descendra plus bas dans les moins longs; & que, si les tuyaux sont de 35 ou quarante pouces, & qu'on les panche de maniére qu'il ne reste depuis la surface du mercure du vaisseau, jusques à la hauteur perpendiculaire du bout fermé, que 30 ou 32 pouces, le mercure ne sera pas si élevé au dessus de cette surface, que lorsque les tuyaux seront perpendiculaires.

Ce qui arrive aux larmes de Verre se fait par l'air, & comment.

Il est bon de remarquer ici que l'air est une des principales causes de l'effet étonnant qui arrive aux larmes de verre, de se rompre avec bruit, & de s'écarter en poussiére, & en petits fragmens, lorsqu'on en rompt seulement le petit bout.

On fait ces larmes en faisant tomber un peu de la matiére fonduë dont on fait les verres, dans un seau plein d'eau froide, & parce que cette matiére est fort gluaute pendant qu'elle est rouge, il s'en fait un long filet, par lequel on soutient la larme dans le milieu de l'eau; elle y demeure rouge quelque tems; il y en a qui se brisent en se refroidissant dans l'eau, & d'autres qui demeurent entiéres: On en sépare le filet qui est hors de l'eau, sans que le reste se rompe: on peut même séparer une partie du crochet, si on le fait rougir à la flamme d'une chandelle; mais lorsqu'on rompt ce qui reste du crochet sans l'avoir fait recuire, toute la larme se brise avec bruit, & s'écarte en plusieurs petits fragmens & en poussiére blanche. Pour expliquer cet effet qui donne de l'admiration à ceux qui le voyent la premiére fois, il faut considérer que le verre prend une trempe dans l'eau comme l'acier, & qu'il en devient plus dur & plus cassant; ce qui procéde de ce que la froideur de l'eau surprenant l'extérieur du verre, le refroidit & le durcit d'abord, pendant que l'intérieur de la larme demeure encore rouge: & parce que cette matiére, aussi bien que les métaux, est d'un plus grand volume étant chaude, qu'étant froide; il arrive nécessairement, que les parties internes se joignant aux externes qui sont déja affermies, & étant aussi un peu retenuës par celles qui sont vers le centre, il s'y fait plusieurs petites interruptions de continuité, de maniére qu'il demeure vers le milieu plusieurs bulles grosses & petites, pleines d'un air extrémement dilaté; ce qu'on reconnoit lorsqu'on amollit au feu ces larmes, car les bulles diminuent peu à peu, & quelques-unes même disparoissent.

Or ces larmes étant très-dures au dehors, on peut battre à coups de marteau la partie épaisse sur du bois sans que rien se rompe; parce que les parties extérieures se soutiennent comme une voûte. Mais, si on vient à ployer le bout mince du crochet jusques à ce qu'il se rompe,

toutes les parties qui ont été mifes en reffort par cet effort, retournant avec une très-grande viteffe en leur premiére difpofition, font une maniére de frémiffement qui fait en très-peu de tems plufieurs allées & venuës, c'eft à dire plufieurs tremblemens, comme ceux des cordes tenduës; & par ce moyen ce qui n'étoit que contigu ou peu lié, fe fépare & fe defunit, comme il arrive à du fer blanc, lequel fe rompt lors qu'on le ploye & qu'on le redreffe trois ou quatre fois de fuite. Dans ce même tems, l'air du dehors trouvant quelques ouvertures par la féparation de quelques parties du verre, s'infinuë avec violence pour remplir les petits vuides des bulles, & fait écarter par cet effort toutes les petites parties de la larme : On voit un femblable effet lors qu'on pompe l'air d'un vaiffeau de verre quarré; car l'air extérieur le preffant, & ne trouvant aucune réfiftance confidérable dans l'air intérieur dont le reffort eft extrémement affoibli, il rompt les parois du vaiffeau, & les brife en plufieurs petites parties.

Pour juger que cette réduction en pouffiére des larmes de verre & l'écart de cette pouffiére à deux ou trois piés à la ronde, dépend de ces trois caufes; favoir, du frémiffement caufé par le reffort, du peu de liaifon des parties, & de l'irruption de l'air dans les bulles & entre les parties qui ne font que contiguës comme les pierres d'une voûte: il faut confidérer les expériences qui fuivent.

1. Que les larmes qui fe refroidiffent dans l'air n'ont pas la propriété de celles qui fe refroidiffent dans l'eau, parce que la matiére fe refroidiffant peu à peu dans l'air, & demeurant long-tems molle en toutes fes parties, elles fe refferrent peu à peu, & demeurent parfaitement unies & liées; & s'il y a quelque peu d'air enfermé, il reprend une condenfation qui eft égale à peu près à celle de l'air du dehors; d'où il arrive que fi on rompt le bout du crochet, le refte ne fe rompt point.

2. Que les larmes qu'on fait recuire jufques à ce qu'elles commencent à s'amollir, font le même effet que celles qui fe refroidiffent dans l'air, parce que l'air du dehors trouvant la matiére fouple, la fait rentrer en dedans, & en même tems les bulles s'amoindriffent, ou bien il fe fait un petit enfoncement jufqu'au vuide des bulles par ou l'air extérieur s'infinuë, & en ce cas elles ne diminuent que de fort peu, & le verre fe réjoint par deffus, comme je l'ai obfervé en quelques larmes recuites; & par ce moyen les parties defunies du verre reprennent une parfaite continuité.

3. Que lors qu'on ufe les larmes par le gros bout avec du fablon d'Eftampes ou quelqu'autre matiére rude fur une plaque d'acier, elles ne fe rompent pas quand on ne donne jour qu'aux petites bulles qui font près de la furface: mais dès qu'on arrive à une groffe bulle, elles fe rompent avec un auffi grand effort que fi on rompoit le crochet; parce que la rudeffe du frottement ébranle & fait frémir toutes les parties du verre, & qu'en perçant la bulle il fe fait quelque petite fraction qui fait reffort, & en

en même tems l'air extérieur y fait irruption, ce qui fait briser & écarter toutes les parties du verre.

4. Que les larmes se mettent aussi en poussiére dans la machine du vuide lors qu'on rompt le crochet; & alors il n'y a que deux causes de cet effet, savoir le peu de liaison des parties & leur frémissement causé par le ressort, & en ce cas les fragmens ne doivent s'écarter que fort peu.

5. Que si on use les larmes avec de la poudre d'Emeri très-fine, mêlée avec de l'huile, on peut percer les grosses bulles, sans que les larmes se rompent; ce qui procéde de ce que l'air du dehors n'y peut faire d'effort, à cause que la partie platte & usée de la larme, étant jointe exactement à la plaque d'acier, l'huile dont elle est enduite empêche l'air d'y entrer que peu à peu & insensiblement. On en voit un exemple dans des plaques de marbre fort unies, qui étant posées l'une sur l'autre avec un peu d'huile, ne peuvent être séparées que difficilement, à cause que l'air ne peut aisément se glisser entre deux.

J'ai observé que, si on met une épingle dans de grosses bulles à demi usées, quelques fois les larmes se rompent, & d'autres fois elle ne se rompent pas. Il m'est arrivé qu'ayant mis trois ou quatre fois une épingle dans une de ces bulles, rien ne se rompit; mais un peu de tems après, l'épingle n'y étant plus, la larme se rompit sans que j'y fisse le moindre effort. J'attribuai cet effet au grand froid qu'il faisoit alors, qui géla l'eau que j'y avois mise pour la nettoyer; ce qui causa quelque rupture à une petite épaisseur de verre qui couvroit une autre grosse bulle, & cet effort ébranla les parties, & y fit entrer l'air extérieur.

Il m'est arrivé encore, qu'ayant mis trois ou quatre fois une épingle jusques au fond d'une grosse bulle à demi usée sans que rien se rompit, j'y en mis une autre plus petite, qui fit tout rompre, & écarter les petits fragmens à plus de trois piés. Pour juger de ces différens effets, j'usai encore une larme à demi jusques à ouvrir une grosse bulle; j'en regardai le fond avec un bon microscope, & j'y aperceus trois ou quatre petits intervalles noirs, dont quelques-uns me paroissoient comme de petites fentes, le reste étant fort poli & luisant: d'où je jugeai, que lorsque l'épingle rencontroit les endroits polis, la larme ne se rompoit point; mais que lors qu'elle rencontroit une petite fente, elle écartoit un peu les parties contiguës, & y faisoit entrer l'air, ce qui causoit le brisement de la larme. On peut conclure de ces expériences, que la seule introduction de l'air, ou le seul frémissement, peut rompre les larmes de verre refroidies dans l'eau, & que ces deux causes se joignent ensemble lors qu'on rompt les petits crochets.

Les observations des hauteurs différentes où le mercure se met dans les Barométres, nous peuvent donner plusieurs belles connoissances. Celle qui me semble la plus considérable est de pouvoir connoître fort souvent quel est le vent qui régne dans l'air, & de prévoir quel tems il doit faire

Belles Connoissances que donnent les obser-

re

re le lendemain & deux ou trois jours après.

vations des hauteurs du mercure dans le Barométre.

Les Barométres ordinaires de verre dont on se sert pour cet effet, ont leurs tuyaux & leurs petits vaisseaux d'une seule piéce ; ils sont si communs qu'il n'est pas nécessaire d'en faire ici la description.

J'ai fait quantité de ces observations à *Paris* pendant plusieurs années, & j'en ai fait faire en même tems quelques-unes à *Loches*, au *Mont de Marsan*, à *Dijon*, &c. desquelles j'ai tiré les maximes suivantes.

Lors qu'un vent de Sud ou de Sud-Ouëst a souflé quelques jours, & qu'il survient un vent de Nord ou de Nord-Est ; le mercure s'éléve de sept ou huit lignes plus haut qu'il n'étoit, & se met à 28 pouces ou à 28 pouces & quelques lignes, & il fait ordinairement beau tems.

S'il survient un vent de Sud ou de Sud-Ouëst après un vent d'Est, ou d'Est-Nord-Est, le mercure descend jusqu'à 27 pouces 4 lignes, & quelquefois jusques à 27 pouces, ou 26 pouces 10 lignes, & il se fait alors ordinairement de grandes pluiës. Il arrive quelquefois que le Sud & le Sud-Ouëst ayant poussé beaucoup d'air & de nuées vers les parties du Nord & du Nord-Est, il se fait un reflux d'air qui fait le Nord ou le Nord-Est ; ces vents raménent les nuées, & les pressant, il se fait une pluië continuelle pendant un jour ou deux.

Lorsque les vents du Nord & du Nord-Est cessent, l'Est régne souvent ensuite, & le Sud & le Sud-Ouëst lui succédent.

Explication de certains effets & mutations des vents.

Voici comment on peut expliquer ces effets & ces mutations de vents.

Supposant le mouvement de la terre, l'air qui est proche de l'Equateur, doit suivre son mouvement, mais un peu moins vîte ; & c'est de là que procéde qu'on sent presque toujours un vent d'Est en ces quartiers-là : Mais vers les Tropiques & à 10 ou 12 degrés au delà, la surface de la terre ne va pas si vîte que l'air qui est sous la ligne ; & il arrive quelquefois qu'une partie de cét air échaufé va de ce côté-là & fait un Sud-Ouëst, ou un Ouëst, de la méme maniére que l'eau d'une Riviére qui va fort vîte dans son milieu, pousse des vagues à côté de part & d'autre, qui ne suivent pas sa direction, mais elles vont obliquement du côté du rivage, & même quelquefois en un sens opposé. Lorsque ces vagues cessent, & que les vents du Nord & du Nord-Est ont fait leur reflux dans les Zones tempérées, il s'y fait ordinairement un vent d'Est, parce que n'y ayant point alors d'autre mouvement dans l'air que celui qui se fait par le mouvement de la terre, la même chose doit arriver que vers l'Equateur.

Le Sud & le Sud-Ouëst succédent ordinairement à l'Est dans les Zones tempérées, & particuliérement en *France*, parce qu'il vient de nouvelles vagues de l'air qui est vers l'Equateur. Mais cet ordre est quelquefois changé, parce qu'il y a d'autres causes qui produisent les vents, dont les principales sont les éruptions des exhalaisons & des vapeurs de la terre, le mouvement de la Lune, la condensation de l'air par le froid, & sa dilatation par la chaleur, &c.

Le

Le Nord & le Nord-Eſt font ordinairement élever le mercure des Barométres, non ſeulement parce qu'ils rendent l'air plus peſant en le condenſant, mais auſſi parce qu'en ſouflant contre la terre de haut en bas, & preſſant l'air par ce moyen, ils augmentent ſon reſſort, ce qui fait élever le mercure; & comme le Nord-Eſt améne ordinairement le beau tems en *France*, on juge par cette élévation qu'il doit faire beau tems.

Cette conjecture que le Nord ſouffle de haut en bas, eſt fondée ſur cette expérience que j'ai faite. Je ſuſpens à un fil une boule de plomb d'environ trois pouces de diamétre, & je lui donne un mouvement en rond fort vîte dans un ſeau plein d'eau; alors la pouſſiére & les autres ſaletés s'élévent du fond de l'eau vers la boule, ſi elle n'en eſt éloignée que de trois ou quatre pouces, pendant que l'eau qui eſt à l'entour des parties de la boule qui ont le plus grand mouvement, tourne en rond avec elle.

Le Nord-Eſt & l'Eſt-Nord-Eſt aménent le beau tems en *France* par trois cauſes: la premiére eſt, que depuis le Royaume de la *Chine* juſques en *France*, ils ne paſſent par deſſus aucunes Mers; la ſeconde, que ſouflant de haut en bas ils empêchent le peu de vapeurs qui viennent des terres, de s'élever; & la troiſiéme, que rendant l'air plus condenſé, les vapeurs élevées ne retombent pas ſi facilement ſur les inférieures pour ſe joindre enſemble & former les pluiës.

Le vent d'Eſt améne des brouillards, particuliérement en Hiver, & les autres vents fort rarement: ce qui procéde de ce que le vent d'Eſt ne ſe fait pas par un mouvement d'air qui puiſſe diſſiper les vapeurs en haut, ou qui les rabatte contre terre, mais par le ſeul mouvement de la ſurface de la terre, contre un air qui ne va pas ſi vîte; ce qui fait que les vapeurs qui s'étendent joignant la terre, demeurent toujours à même hauteur, & ſont rencontrées ſucceſſivement par divers endroits de la circonférence de la terre.

Le Sud & le Sud-Ouëſt qui viennent de loin, ſouflent ſelon les tangentes de la terre & ſoulévent l'air ſupérieur, & par conſéquent diminuent le reſſort de l'inférieur; d'où il arrive que le mercure du Barométre ſe baiſſe, & alors on peut prognoſtiquer la pluië, particuliérement ſi le vent ayant été Ouëſt retourne immédiatement au Sud ou au Sud-Ouëſt. Mais lorſqu'il retourne de l'Eſt-Nord-Eſt au Nord ou au Nord-Nord-Eſt, c'eſt un ſigne de continuation de beau tems, quand même le mercure baiſſeroit un peu. Les vents en *France* paſſent ordinairement de l'Eſt au Sud & au Sud-Ouëſt, puis à l'Ouëſt, au Nord & au Nord-Eſt, & ils font très-rarement un tour entier en un ſens contraire.

Il y a deux cauſes principales pourquoi le baiſſement du mercure dans les Barométres eſt un ſigne de pluië. La premiére eſt, qu'il deſcend quand l'air eſt moins peſant & moins preſſé, & quand l'air eſt en cet

 état,

état, il ne peut plus ſoutenir les vapeurs; d'où il arrive que les ſupérieures tombent ſur les inférieures, & font de groſſes nuées, qui enfin ſe réduiſent en pluië. La ſeconde, que le Sud & le Sud-Oüëſt, qui régnent ordinairement alors, paſſent par deſſus les Mers avant que d'arriver en *France*, & par conſéquent ils ſe chargent de beaucoup de vapeurs.

Lorſque le Nord & le Nord-Eſt régnent long-tems, le Barométre ſe baiſſe peu à peu, & le beau tems ne laiſſe pas de continuer, parce que ces vents aménent peu de vapeurs; & le mercure ſe baiſſe, parce que l'air trop preſſé s'étend vers le Sud-Oüëſt, & par conſéquent ſon reſſort diminuë.

On pourroit mieux déterminer ces choſes, ſi on conféroit enſemble pluſieurs obſervations faites en même tems en des lieux fort éloignez les uns des autres.

De la forme que prend l'air enfermé dans l'eau.

L'air enfermé dans l'eau en petite quantité y prend une forme ſphérique par la force de ſon reſſort, qui pouſſe l'eau également de tous côtez: ce qu'on voit aiſément lorſqu'on laiſſe tomber une petite balle de plomb, de trois ou quatre piés de haut, dans l'eau; car l'air qui ſuit la balle bien avant ſous l'eau, revient au deſſus en petites boules rondes; celui qu'on fait ſortir peu à peu d'une bouteille plongée dans l'eau, s'éléve de même en boules rondes aſſez groſſes. D'où il arrive que, ſi une bouteille pleine d'eau a le goulet moindre que de quatre lignes, il n'en ſort point d'eau quand on la renverſe perpendiculairement, parce que l'air inférieur ne peut faire entrer de bulles dans l'eau qui n'ayent plus de quatre lignes de largeur, & par conſéquent elles occupent tout le goulet, & l'eau ne peut ſortir; car pour ſortir, il faudroit que l'air ſe diviſât en petites parcelles pour monter d'un côté quand l'eau ſortiroit de l'autre. Mais quand le goulet eſt large, l'eau tombe, parce que l'air peut entrer en groſſes bulles d'un côté, pendant que l'eau coule de l'autre. Et par la même raiſon, ſi on met au fond d'un vaiſſeau plein d'eau une bouteille pleine d'air, dont le goulet ſoit ſeulement de trois ou quatre lignes de largeur, il n'en ſortira point d'air, & l'eau n'y entrera point; au lieu que ſi elle eſt pleine d'un vin bien purifié & plus leger que l'eau, l'eau entrera, & le vin montera au deſſus de la ſurface de l'eau: Dont la raiſon eſt, que le vin & l'eau ſe diviſent facilement en petites parcelles, & que l'eau étant plus peſante que le vin purifié, peut deſcendre par petits filèts dans la petite bouteille, & faire monter le vin de même; mais l'air ne ſe ſéparant que difficilement de l'autre air, il ne ſe met point en petites parcelles pour donner place à l'eau, & il l'empêche de deſcendre par ſon reſſort. Que ſi on panche un peu la bouteille, alors l'air en pourra ſortir en groſſes bulles, parce qu'il pourra ſe gliſſer à côté de l'eau, & l'eau y entrera. Lorſque dans un tuyau étroit de verre, il y a de l'air & de l'eau ſéparez par de petits intervalles, les extrémitez des parcelles de l'air ſont convéxes, & font des enfoncemens dans celles de l'eau: & c'eſt par cette raiſon que les tuyaux

étroits

étroits où l'eau monte à une hauteur conſidérable par deſſus ſon niveau, comme de 15 ou de 16 lignes, étant plongez dans l'eau en ſorte qu'ils ne paſſent que de trois ou quatre lignes au deſſus ; celle qui eſt au haut du tuyau ne laiſſe pas d'avoir un petit enfoncement concave.

La troiſiéme propriété de l'air eſt, qu'il s'inſinuë & ſe diſſoud en quelque façon dans l'eau & dans pluſieurs autres liqueurs ; ce qu'on connoit par l'expérience ſuivante, que j'ai faite pluſieurs fois avec grand ſoin. Troiſiéme propriété de l'air, qui eſt de s'inſinuer & ſe diſſoudre dans l'eau & pluſieurs liqueurs.

Je fais bouillir de l'eau environ une heure, & après qu'elle eſt refroidie, j'en emplis une Phiole dont la pomme eſt fort ronde ; je la ferme avec le doigt, & après y avoir laiſſé entrer de l'air de la groſſeur d'une noiſette, je la renverſe, & j'en fais tremper le bout dans un verre où il y a de l'eau : j'ai toujours remarqué, que dans trois ou quatre jours cet air étoit preſque entiérement entré dans l'eau, mais que le reſte y entroit bien plus difficilement à proportion, & qu'il y en avoit encore un peu de reſte ſept ou huit jours après. J'ai fait pluſieurs ſemblables expériences avec des bulles d'air plus petites ; voici les derniéres. Je laiſſai une bulle d'air de quatre lignes de diamétre au haut de la bouteille renverſée ; le jour ſuivant elle fût réduite à deux lignes deux tiers ; l'autre jour, à une ligne & demi ; & le matin du jour ſuivant, il n'y en eût plus du tout : tellement que le premier jour il s'en perdit preſque les ſept huitiémes, le ſecond jour les trois quarts du reſte, & le troiſiéme le reſte ſe perdit, qui étoit environ un ſeiziéme de toute la bulle. Ce même jour j'y remis une bulle de trois lignes & demi de diamétre ; elle ſe perdit dans le même eſpace de tems, & à peu près dans les mêmes proportions jour par jour, c'eſt à dire que le premier jour il s'en perdit plus des trois quarts ; il en reſta pourtant un peu après les trois jours environ comme la groſſeur d'une ſemence de perle : j'y en remis une autre de trois lignes & demi de diamétre, qui ne ſe joignit point à cette petite, laquelle diſparut le lendemain ; mais celle de trois lignes & demi entra dans l'eau dans un intervalle de trois jours comme auparavant : J'en remis encore une de quatre lignes de diamétre, & trois jours après, cét air fut encore abſorbé par l'eau, à la reſerve d'une petite bulle un peu moindre que d'une ligne de diamétre. Ce reſte d'air non diſſous paroît toujours un peu différent de l'autre air ; car il s'attache au verre, & ne change pas ſi facilement de place quand on panche la bouteille.

J'y mis encore une autre bulle de 4 lignes de diamétre, & il fallut ſix jours entiers pour la faire diſoudre entiérement. J'y en remis encore une ſemblable, qui diſparut le neuviéme jour. Et enfin, y en ayant mis encore une autre de pareille groſſeur à peu près ; il y avoit encore le douxiéme jour une bulle de deux lignes & demi de diamétre, & le vingtiéme une de deux lignes. Ce qui fait voir que, comme le ſel ſe diſſoud plus facilement dans l'eau où il n'y en a point encore, que lorſqu'il y en a déja du diſſous, l'air ſe diſſoud auſſi plus facilement dans de l'eau, d'où la matiére aërienne a été chaſſée par la chaleur, & que ce qui re-

 ſte

ſte de l'air s'inſinuë plus difficilement dans l'eau, que lorſqu'il y eſt mis fraichement; car comparant le volume de ces goutes d'air, il s'en étoit diſſous en douze jours les trois quarts, & dans les huit jours ſuivans, un huitiéme ſeulement.

Cauſes qui produiſent cet effet.

Cet effet ſe fait apparemment par deux cauſes. La premiére eſt le preſſement de l'air de l'Atmoſphére, qui pouvant élever l'eau de la bouteille juſqu'à trente-deux piés, preſſe la petite bulle, ce qui lui aide à s'inſinuer dans l'eau. La ſeconde eſt une diſpoſition qui eſt en l'eau à diſſoudre de certains corps, comme les ſels, juſques à une certaine quantité; laquelle diſpoſition peut auſſi s'étendre à diſſoudre & à abſorber une certaine portion d'air, & non davantage.

Par les mêmes raiſons, l'air qui eſt contigu à la ſurface d'une Riviére ou d'un Etang, s'y peut inſinuer, étant preſſé par le poids de l'air ſupérieur; d'où il s'enſuit que dans toutes ſortes d'eaux il y a un peu d'air mêlé. J'ai obſervé que, ſi on met une petite bulle d'air de deux ou trois lignes dans une phiole de verre pleine d'eau de Riviére non bouillie, il faut plus de quinze jours pour la faire entrer entiérement dans l'eau.

Si on fait la même expérience avec de l'huile qu'on aura tenuë ſur le feu juſques à ce qu'elle ne faſſe plus de bruit ni d'écume, la bulle d'air n'entrera pas dans l'huile qu'on aura miſe dans la bouteille, & demeurera ſenſiblement pluſieurs jours dans ſa même étenduë.

Etenduë & nature de l'air mêlé & diſſous dans l'eau.

Il ne faut pas croire que l'air diſſous & mêlé dans l'eau y conſerve une étenduë égale à celle de celui que nous reſpirons; car il y eſt beaucoup plus condenſé, & en cet état il ne doit pas être appellé Air, mais Matiére aërienne. Je prouve cet effet par les expériences ſuivantes. Je prens un petit vaiſſeau de verre de la figure d'un dé à coudre, mais un peu plus grand: je fais bouillir de l'huile dans un petit vaiſſeau juſqu'à ce qu'elle fume bien fort, ſans faire de bruit ni décume, & l'ayant laiſſé refroidir, j'y couche de travers le petit verre, en ſorte que l'huile paſſe environ deux ou trois lignes au deſſus: en ſuite je dreſſe ce petit verre, ſans qu'il y entre de l'air, mettant le bout fermé vers le haut, & il demeure plein d'huile, quoiqu'il paſſe d'environ la moitié de ſa hauteur au deſſus de la ſurface de l'huile du petit vaiſſeau: je mèts une chandelle allumée au deſſous vis-à-vis du petit verre, & cette chandelle échaufant l'huile, en fait ſortir de petites fumées qui font un peu crêper & rider ſa ſurface en divers endroits, ce qu'on connoit par la réfléxion des objets qui paroiſſent ondoyans; mais on ne voit point ſortir d'air, & on n'en voit point auſſi paroître au haut du petit verre, encore même que l'huile ſoit beaucoup échaufée.

Après quelque tems, je laiſſe refroidir l'huile, & j'y mèts avec le bout d'une paille une goute d'eau; mais il faut beaucoup d'adreſſe pour la faire aller au fond, car ſi on la poſoit ſur l'huile, elle nageroit au deſſus; on peut la mettre dans une cueillére & la couvrir d'huile, la verſer douce-

cement contre le fond du vaisseau, & après quelle sera coulée jusques vers le milieu, on la couvrira avec le petit verre qui doit toujours demeurer plein d'huile: ensuite on remet la chandelle sous l'endroit où est la goute d'eau, & peu de tems après on voit sortir de petites bulles d'air de cette goute d'eau qui s'élévent au haut du petit verre, & dans moins de cinq ou six minutes, on l'en voit rempli à moitié; je laisse refroidir l'huile, & cet air étant refroidi, contient huit ou dix fois plus d'espace que la goute d'eau dont il est sorti : d'où je tire une conséquence, que cet air n'étoit pas selon cette dilatation dans la goute d'eau, mais qu'il y occupoit beaucoup moins de place. Et on ne peut pas dire qu'une partie de cet air sorte de l'huile, puisqu'avant que d'y mettre la goute d'eau, il n'en montoit point dans le petit verre, & assurément il demeure encore quelque peu de cette matiére aërienne dans la goute d'eau, mais il faut beaucoup de tems pour la disposer à reprendre sa consistence d'air. Il y a ordinairement dans l'huile quelque peu de cette matiére, à cause de l'eau qui y est mêlée; car on ne peut par aucune distillation purger entiérement l'huile de l'eau qui y est, & on y en trouve encore quelques goutes après l'avoir distillée plus de vingt-fois. J'ai fait mettre dans la machine du vuide, de l'huile qui avoit été sur le feu jusqu'à ne plus faire de bruit, & après qu'on eût très-bien vuidé l'air du récipient, il sortit seulement quelques petites bulles de cette huile; mais l'ayant ensuite laissé geler (car c'étoit en hiver) je la fis fondre auprès du feu, & l'ayant remise dans l'expérience du vuide, il n'en sortit aucunes bulles : d'où je jugeai que cette huile n'avoit plus de matiére aërienne, ou que s'il y en avoit quelque peu, elle n'étoit pas disposée à reprendre sa consistence d'air, & par conséquent que l'air qui dans l'expérience ci-dessus, monte dans le petit verre, sort de la goute d'eau, & non de l'huile; & qu'ainsi on peut être convaincu que l'air y est extrémement condensé, & y tient peu de place, mais il est difficile de savoir comment se fait cette condensation.

Pendant ces derniéres expériences, il faut ôter quelquefois la chandelle, parce que l'eau s'échaufferoit trop si on la laissoit dessous continuellement; & j'ai remarqué, que si on donne le feu un peu trop fort, il se fait de tems en tems de petites fulminations qui soulévent le petit verre, & le mettent en danger de se renverser. Or la matiére qui fait ces fulminations est dans la goute d'eau, puisque l'huile seule n'en donnoit point, & elle est apparemment différente de celle qui produit l'air peu à peu : car quoiqu'elle écarte presque toute l'huile du petit verre, & qu'elle occupe pendant un moment la plupart de sa capacité, incontinent après elle se réduit comme à rien, & n'augmente pas sensiblement la quantité de l'air qui est déja au haut du petit verre; & par conséquent c'est une matiére qui se dilate beaucoucoup plus que l'air, lors qu'elle a atteint un certain degré de chaleur, mais elle ne se dilate point à une médiocre chaleur, & ce peut être quelque chose de semblable à ce

qui eſt dans le ſel de tartre, & dans le ſalpêtre qui fait fulminer ces matiéres, lors qu'étant bien mêlées avec du ſouphre, on les laiſſe échaufer peu à peu; car ce melange arrive enfin à un degré de chaleur tel que ſe dilatant étrangement tout à coup, tout le compoſé ſe diſſipe, & fait un bruit qui bleſſe l'ouïe.

Je reconnois encore cette matiére fulminante dans l'eau par une autre expérience. Je mèts un petit entonnoir de verre à goulet court, dans un grand vaiſſeau plein d'eau, en ſorte que le goulet de l'entonnoir étant en haut, ſoit couvert d'environ un pouce de hauteur: j'emplis un long matras d'eau, & ayant fait tremper le bout du cou dans l'eau du vaiſſeau, j'y introduis le goulet de l'entonnoir, & je l'y tiens affermi, en ſorte que la bouteille renverſée demeure toute pleine d'eau ſans qu'elle ſoit en danger de tomber: je poſe le vaiſſeau ſur un fourneau, & je lui donne une chaleur médiocre; alors on voit, dès que l'eau eſt médiocrement échaufée, des bulles d'air ſe former ſous l'entonnoir, & monter les unes après les autres dans le cou de la bouteille, & aller tout au haut, & faire deſcendre l'eau qui y eſt: mais cela ne continuë pas plus d'un quart d'heure; car la matiére aërienne étant preſque épuiſée, ou du moins celle qui y demeure, n'étant pas encore diſpoſée à reprendre ſa dilatation & ſon reſſort, il s'en éléve très-peu, encore qu'on faſſe chaufer l'eau davantage, ou qu'on la faſſe bouillir plus fort; mais de tems en tems il ſe fait des fulminations qui empliſſent tout à coup preſque tout le cou du matras, & chaſſent l'eau en haut, ſans que l'air qui eſt déja dans la pomme du matras en ſoit ſenſiblement augmenté: d'où l'on peut juger que cette matiére fulminante procéde des ſels qui ſont diſſous dans l'eau, & n'eſt pas la même que celle qui ſe dilate à une médiocre chaleur, & qui a toutes les propriétez de l'air; & c'eſt apparemment cette matiére qui cauſe la continuation du bouillonnement de l'eau ſur un grand feu, juſqu'à ce qu'elle ſoit toute évaporée. Quelques Philoſophes croyent que ce qui fait le bouillonnement de l'eau procéde du feu, qui fait paſſer des eſprits qu'ils appellent ignées, au travers des vaiſſeaux qui contiennent l'eau. Mais, ſi on conſidére que le feu n'a point d'autres eſprits que ceux de l'huile & des autres matiéres inflammables, & qu'il n'y a aucune vrai-ſemblance qu'il entre quelques particules d'huile ou de ſalpêtre, &c. dans l'eau, lorſqu'on la fait bouillir dans une bouteille de verre, puiſque cette eau conſerve ſa netteté; on ne ſera point de difficulté de prendre cette opinion pour une erreur groſſiére. On ne peut pas dire auſſi que ce qui fait bouillir l'eau, ſoit quelque ſubtile exhalaiſon de la matiére des vaiſſeaux, puiſque lorſqu'on met au haut de l'huile une goute d'eau, elle jette de l'air & de la matiére fulminante, quand elle eſt échauffée, auſſi bien que celle qui eſt au fond du vaiſſeau.

Des cauſes par leſ- La matiére aërienne diſſoute & condenſée dans l'eau en peut ſortir, & ſe remettre en air par trois cauſes différentes.

La

La premiére est par la chaleur, lorsque l'eau commence à bouillir: Car ce premier mouvement de l'eau procéde de la matiére aërienne qui se dilate & se remet en véritable air, & qui repousse l'eau en s'élevant; mais les grands bouillonnements qui continuent jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'eau dans les vaisseaux qui sont sur le feu, procédent de la matiére fulminante & du reste de la matiére aërienne qui ne se dispose que successivement à reprendre sa consistence d'air, encore même que la chaleur soit beaucoup augmentée. Il arrive aussi une restitution de cette matiére en air, lorsque les particules de deux liqueurs mélées ensemble se mettent en mouvement, & font une grande effervescence, comme quand on verse de l'huile de tartre sur de l'esprit de salpêtre; car le mouvement violent que les particules de ces corps font en s'unissant ensemble, dispose la matiére aërienne qui y est mêlée, à reprendre sa consistence d'air, à cause que la matiére fulminante que ces sels contiennent, se dilatant extrémement par ce mélange, fait dilater aussi en même tems la matiére aërienne; & la dilatation de ces deux matiéres fait l'effervescence qu'on aperçoit dans ces expériences. Il n'est pas nécessaire qu'il s'excite une chaleur sensible dans ces liqueurs, mais seulement un mouvement capable de mettre en dilatation la matiére fulminante, & disposer la matiére aërienne à reprendre sa consistence d'air.

quelles la matiére aërienne dissoute & condensée dans l'eau peut en sortir & se remettre en air. Premiére cause.

La seconde cause qui fait que la matiére aërienne se remet en air, est lorsqu'on affoiblit le ressort de l'air qui presse l'eau dans laquelle cette matiére est engagée, comme on le voit dans l'expérience du vuide: car d'abord que l'air qui est dans le récipient, est diminué de moitié, & par conséquent que le pressement de son ressort est affoibli de moitié; il commence à s'élever des bulles d'air de l'eau qui est sous le récipient, de méme que si on mettoit du feu dessous. Cette expérience fait voir manifestement que ces bulles ne procédent pas des esprits ignées, ou de la matiére des vaisseaux.

Seconde cause.

Lors qu'on continuë à tirer l'air du récipient, il sort un plus grand nombre de ces bulles, jusqu'à ce que la matiére aërienne en soit dehors. Que si on joint ces deux causes ensemble, c'est à dire si l'eau est chaude dans le tems qu'on pompe l'air, elle jettera deux ou trois fois autant de bulles dans le vuide, & souvent elle boût plus fort que si elle étoit sur un grand feu, quoiqu'elle ne soit que tiéde.

Le même effet arrive à l'esprit de vin: car encore qu'on ne l'ait point échaufé, la matiére aërienne qui y est engagée aussi bien que dans l'eau, se dilate dabord, & fait jaillir l'esprit de vin par dessus les bords du verre: mais cette matiére est bien tôt épuisée dans l'esprit de vin, parce qu'elle s'en dégage très-facilement, & en sort d'abord en grande abondance; au lieu qu'elle continuë long-tems dans l'eau. Mais aussi, si on emplit une petite bouteille de cet esprit de vin dont la matiére aërienne est sortie, & qu'on plonge le goulet dans de l'eau, ou dans d'autre esprit de vin, laissant une bulle d'air grosse comme le bout du

doigt;

doigt au haut de la bouteille renverſée, elle ſera ſuccée par l'eſprit de vin en moins de trois heures; & ſi on y met encore une bulle d'air nouveau d'une pareille groſſeur, elle y entrera encore en peu de tems: au lieu que dans l'eau cet effet ſe fait bien plus lentement, comme il a été dit ci-deſſus.

Troiſiéme cauſe.

La troiſiéme cauſe du retour de la matiére aërienne en air, procéde de la gelée: car les particules de l'eau s'accrochant alors les unes aux autres, cette matiére qui ne peut s'y joindre & ſe geler, s'en ſépare, & ceſſant d'étre diſſoute dans l'eau, elle reprend ſa premiére conſiſtence d'air; de même que le ſel diſſous dans l'eau ſe remet en ſel lorſqu'on y verſe beaucoup d'eſprit de vin, qui empêche l'action de l'eau ſur le ſel.

On voit le commencement & le progrès de cette ſéparation & de ce changement en air, lorſqu'on expoſe un verre plein d'eau à la gelée: car on y voit naître une très-grande quantité de petite bulles d'air, comme je l'ai expliqué dans le *Journal des Savans*; & l'effet que produit cet air fait connoître manifeſtement que la matiére aërienne eſt beaucoup plus condenſée dans l'eau, qu'elle n'eſt après s'être ſéparée de l'eau, puis qu'ayant repris la conſiſtence d'air, elle fait fendre la glace & les vaiſſeaux qui la contiennent, par la force de ſon reſſort. J'en ai vû une expérience ſurprenante dans l'Aſſemblée de l'Académie des Sciences, dans un canon de mouſquet d'environ deux piés de longueur, culaſſé par les deux bouts; car l'eau qu'on y avoit miſe pour ſe geler, ſe ſéparant de la matiére aërienne, & cette matiére reprenant ſa conſiſtence d'air, & ne trouvant aucune iſſuë pour ſortir, ni de place pour s'étendre, avoit crevé le canon, quoiqu'il eût plus de quatre lignes d'épaiſſeur. L'eau qui ſe géle dans un verre ne peut pas faire un ſi grand effort, parce qu'à meſure que la matiére aërienne ſe dilate en air, une partie de cet air s'éléve au deſſus de l'eau & paſſe par une petite ouverture qui demeure en la ſurface ſupérieure de la glace, & l'autre partie qui s'attache en petites bulles contre le verre ou contre la glace, fait ſortir par la même ouverture une partie de l'eau, qui ſe répand ſur la glace qui eſt formée à l'entour, ce qui ſe reconnoit par l'élévation de la glace, proche de cette ouverture; mais dans le canon la matiére aërienne y étant demeurée toute entiére & toute l'eau auſſi, l'effort devoit être beaucoup plus grand.

C'eſt par cette raiſon que le verglas fait fendre les arbres: car l'intérieur des arbres ſe gélant, & la matiére aërienne ſe dilatant en air, & ne trouvant point d'iſſuë à cauſe du verglas qui environne leurs tiges, enfin ſon reſſort tout ſeul, ou joint à celui de la matiére fulminante, les fait fendre avec un grand bruit, comme ſi on avoit allumé au dedans de la poudre à canon.

De l'Explication de la dilatation & de la condenſation de l'air.

Cette propriété qu'a l'air de ſe dilater & de ſe condenſer, eſt très-difficile à expliquer; & c'eſt l'une de ces matiéres que l'eſprit humain ne peut bien concevoir.

Quel-

Qu'elle ne vient pas de la séparation des particules qui le compo-sent.

Quelques-uns croyent avoir bien rencontré, quand ils disent que la rarefaction n'est autre chose qu'une séparation des particules qui composent les corps: ainsi ils disent que le vin est rarefié, lors qu'on y mêle de l'eau, parce que l'eau se glissant entre les particules du vin, les sépare les unes des autres; & par la même raison ils soutiennent, que de la cendre qu'on tient en la main, & qu'on jette à travers une chambre, est rarefiée, & qu'il n'y a point d'autre rarefaction dans la nature. Il n'y a rien de si aisé à concevoir que cette rarefaction; mais étant prise en ce sens, elle ne pourroit faire aucun effet considérable, & celle de l'air & de la poudre enflammée en fait de très-violens, & qu'on ne peut bien expliquer par une simple séparation de leurs particules, quelque mouvement qu'on leur puisse donner; ce qui se prouve par le calcul en cette sorte.

Preuve de cela par les effets de l'air & de la poudre enflammée.

Supposons qu'on ait mis 10 livres de poudre à canon sous une voûte, en 20 petits sacs suspendus; que les murailles qui soutiennent la voûte, soient très-épaisses, mais qu'il n'y ait aucun poids sur la voûte que les seules pierres dont elle est construite; & qu'il y en ait seulement 54, dont chacune pése 500 livres: si on allume cette poudre, les pierres qui composent la voûte seront forcées, & quelques-unes s'éléveront à plus de 20 piés. Or je dis que les particules de la poudre enflammée qui choquent ces pierres, ne peuvent donner à chacune d'elles une telle élévation par la force de leur choc: car ces 20 livres étant poussées en circonférence, il n'y aura que la sixiéme partie, savoir environ 54 onces, qui choquera la voûte, le reste étant poussé vers le pavé qui est au dessous de la voûte, & vers les quatre murailles qui la soutiennent; & par cette raison chaque pierre de 500 livres ne sera choquée que par une once ou environ de ces particules. Supposons encore que ces particules ayent un mouvement aussi vîte que celui d'un boulet qui sort d'un canon, & qui pourroit s'élever perpendiculairement à 3000 piés de hauteur: donc ces particules iroient d'une vitesse à s'élever à 3 mille piés, c'est à dire à 36000 pouces, ou à 432000 lignes. Mais 500 livres font 8000 onces; & suivant les régles de la percussion, si la vitesse de l'once de poudre qui choque la pierre de 500 livres est exprimée par 8001 degrés, elle ne donnera qu'un degré de vitesse à cette pierre par son choc. Mais parce que les élévations des poids à des hauteurs différentes, se font selon les quarrés des vitesses, & que le quarré de 8001 est 64016001; il s'ensuit que la pierre ne devroit s'élever qu'à la hauteur d'environ $\frac{1}{148}$ de ligne, puisque 64016001 a même raison à l'unité, que 432000 lignes à $\frac{1}{148}$ de ligne à peu près. Donc cette élévation seroit insensible, ce qui répugne à l'expérience.

D'ailleurs, si l'effort de la poudre se faisoit par le choc de sa matiére, les pierres paroitroient brisées & rompuës en plusieurs endroits dans les murs qui demeurent debout, ce qui ne se remarque point. Lorsqu'on emplit de blé ou de pois mouillés un pot de terre étroit au haut, &

qu'on le met dans un four bien chaud, il ne se fait aucun choc, puisque l'eau ne s'insinuë que peu à peu dans les pores de ces semences; & cependant elles font briser le pot en s'enflant peu à peu. D'où il suit, que les effets des mines se font par le seul ressort; c'est à dire, que quand la flamme de la poudre est disposée à occuper beaucoup plus de place que n'en contient la chambre où elle s'allume, elle s'appuië de toutes parts contre les parois; & enfin la voûte étant la plus foible partie, les pierres en sont élevées avec grande force par l'accélération du mouvement causée par la dilatation successive de cette poudre allumée.

Il y a beaucoup de Philosophes modernes qui attribuent les violens effets de la poudre à canon à une poussiére très-fine & très menuë, qu'ils appellent matiére subtile, qui se meut incessamment avec une très-grande rapidité, & qui passe facilement par les pores des corps les plus durs. Mais cette hypothèse ne paroit pas bien concertée: car ce qui passe facilement à travers les pores, ne peut faire qu'une legére impulsion; & s'ils disent que cette poussiére ne peut passer à travers la flamme du salpêtre, il est évident que c'est une pure pétition de principe, & qu'il n'y a aucune apparence que la flamme de la poudre n'ait pas des pores aussi grands que l'acier, le marbre, l'eau, &c. Mais, quand on leur accorderoit cette supposition, ils n'en pourroient rien conclure de vraisemblable, puisque le cours de cette poussiére menuë pourroit enfiler un canon en un sens contraire à la direction de la balle, & en ce cas elle emporteroit la culasse du canon, la balle demeurant immobile. Que s'ils disent que cette poussiére se meut en tous sens, on peut répondre que dans un tel mouvement elle ne feroit rien mouvoir: car plusieurs particules se rencontrant directement, elles se refléchiroient, mais elles en rencontreroient d'autres qui les repousseroient encore, & ainsi à l'infini; ce qui les empêcheroit de faire aucun effet considérable: Ainsi il arrive souvent qu'il se fait un grand calme quand deux vents contraires se rencontrent avec une même force. Et je ne puis concevoir comme quoi cette poussiére pourroit se disposer pour produire l'effet qui arriveroit si le feu se mettoit en un tas de 100 milliers de poudre: car il y auroit autant de petits jèts de cette matiére subtile qui se porteroient vers le milieu de la poudre, que de ce milieu vers la circonférence; & par cette raison la flamme ne prendroit aucun mouvement sensible: au lieu qu'une telle quantité de poudre allumée renverseroit toutes les maisons d'une Ville, & étendroit sa violence jusques à plus de deux ou trois lieuës. A quoi on peut ajouter, que puisque des goutes d'eau tombant continuellement, creusent les pierres les plus dures, il y a long-tems que tous les corps solides seroient réduits en atomes par le choc d'une matiére dure qui seroit mûë incessamment avec une rapidité inconcevable.

De toutes ces raisons & de plusieurs autres qui se présentent facilement à la pensée, on peut conclure qu'il n'y a point de telle poussiére ni

ni dans le globe de la terre, ni dans l'eau, ni dans l'air. Auffi n'eft elle nullement néceffaire pour les effets naturels : Car, par exemple, pour expliquer pourquoi les parties de l'eau font perpétuellement agitées, il n'eft pas befoin de recourir à cette matiére fubtile, puifque les vapeurs qui s'élévent perpétuellement de l'eau, font plus que fuffifantes pour lui donner cette agitation en la traverfant. On dira de même à l'égard de plufieurs autres effets naturels. Comme pour empêcher qu'il ne fe faffe des vuides confidérables entre les corps terreftres, la propriété de la matiére aërienne de fe remettre en air lorfqu'elle n'eft plus preffée par le poids de l'Atmofphére ou par celui de quelqu'autre corps, eft plus que fuffifante : car lors qu'on fait l'expérience du Barométre fans y mettre de l'air, & que le mercure s'étant mis à 27 ou 28 pouces, il demeure 7 ou 8 pouces de vuide dans le tuyau, s'il eft de 35 ou de 36 pouces; la matiére aërienne qui eft dans le mercure reprend fa confiftence d'air, & s'éléve dans cet efpace, qui autrement demeureroit vuide, & s'y dilatant extrémement par la vertu de fon reffort, elle remplit tout l'efpace d'où le mercure eft tombé.

Cette hypothèfe fe confirme lorfqu'on réïtére plufieurs fois la même expérience avec le même mercure, ou avec d'autre qu'on a laiffé longtems dans la machine du vuide. Car enfin ce mercure fe purge entiérement de la matiére aërienne, ou du moins celle qui refte n'eft pas encore difpofée à fe remettre en air : & alors, fi on emplit de ce mercure un tuyau de 40 ou 50 pouces de hauteur, & qu'on mette fi exactement le doigt fur le bout ouvert, qu'il ne demeure point du tout d'air dans le tuyau, & qu'on faffe l'expérience bien doucement; le mercure ne quittera point le haut du tuyau, quoiqu'on ôte le doigt, mais il demeurera entiérement fufpendu, ce qui n'arriveroit point, s'il y avoit de la matiére fubtile qui pût fe couler entre deux.

J'attribuë cet effet à la contiguité naturelle de tous les corps, & à la loi ou régle de la nature, par laquelle les corps contigus ne fe féparent point, ou réfiftent à être féparez, fi quelqu'autre corps ne fe gliffe entre deux. Et parce qu'alors la matiére aërienne eft épuifée, & qu'il n'y a point d'autre air ou d'autre matiére qui puiffe fe mettre entre le haut du tuyau, & le mercure; il ne defcend point: il eft vrai que, fi on donne un grand coup contre le tuyau, le mercure tombe, parce que quelques particules de la matiére aërienne qui n'étoient pas encore difpofées à fe mettre en air, s'y difpofent par le choc; comme les parties inflammables d'une pierre à feu fe mettent en feu, lors qu'on les brife par le choc d'une autre pierre femblable, ou de quelqu'autre corps fort dur.

On voit cela manifement, lors qu'on met fous un récipient dans la machine du vuide, un verre où il y ait un peu d'eau dans laquelle foit plongé le bout du goulet d'un petit matras rempli entiérement d'une eau bien purgée de la matiére aërienne : car on pompe l'air fort long-tems,

ſans que l'eau quitte le haut de la pomme du matras, & elle ne tombe point, juſqu'à ce qu'enfin il s'y forme quelques petites bulles d'air qui montant au haut du matras ſe mettent entre le verre & l'eau, ce qui fait qu'elle commence à deſcendre ; mais s'il ne monte point de bulles vers le haut du matras, l'eau ne deſcend point.

Que ſi on choque rudement la machine, & qu'on faſſe choquer par ce moyen un peu rudement l'eau du verre contre le cou du matras, on voit comme de petites étincelles ou parcelles d'air en ſortir ; mais l'eau ne tombe point, s'il ne ſe fait quelques bulles dans l'intérieur du matras qui puiſſent monter juſques au haut, & ſe mettre entre l'eau & le verre pour les deſunir.

C'eſt par ce même mouvement de contiguité ou inſéparabilité, que deux piéces de marbre planes & bien polies, étant jointes, ne peuvent être ſéparées qu'avec un grand effort. On attribue cet effet au preſſement de l'air : mais il ſe fait également bien dans la machine du vuide, où le reſſort de l'air eſt très-foible ; car s'il faut trois livres de poids pour faire cette ſéparation dans l'air libre, il en faut auſſi trois dans le vuide, comme on l'a vû par pluſieurs expériences ; & les ſiphons, ſoit avec de l'eau, ſoit avec du mercure, font le même effet dans le vuide que dans l'air, pourvû qu'ils ſoient bien purgés de la matiére aërienne.

Lorſque dans les expériences de la machine du vuide, l'air du récipient eſt preſque entiérement pompé ; les bulles d'air qui ſe forment au bas d'un verre plein d'eau, ſe groſſiſſent déméſurément en montant à la ſurface de l'eau ; ce qu'on peut expliquer en cette ſorte.

Lors qu'au commencement de l'évacuation de l'air dans le récipient il s'éléve des bulles de l'eau du verre, le reſſort de l'air étant encore équivalent au poids de 12 ou 15 piés d'eau, le poids d'un peu d'eau de 3 ou 4 pouces de haut qui eſt dans le verre, n'eſt pas beaucoup conſidérable, & ainſi les goutes d'air ſont toujours preſque également preſſées au deſſous & au deſſus de l'eau. Mais lorſque le reſſort de l'air eſt entiérement affoibli ; ſuppoſant que l'eau du verre fût de quatre pouces de hauteur, alors les bulles qui ſe forment au fond ne ſont chargées que de la 96ᵉ. partie de la peſanteur de l'air (pour la facilité du calcul, on ne conſidére point ici le peu d'air très-rarefié qui demeure dans le récipient.). Donc la bulle, étant montée à deux pouces, ſera deux fois plus dilatée qu'elle n'étoit au fond du verre, & 192 fois plus que l'air commun ; & lors qu'elle eſt montée à trois pouces, elle l'eſt 384 fois davantage ; & 768 fois, quand elle n'a plus que 6 lignes d'eau par deſſus ; & alors elle eſt 8 fois plus grande qu'elle n'étoit au fond du verre : Il arrive même que les autres parties de la matiére aërienne ſe trouvant contiguës à cet air déja formé, elles ſe diſpoſent plus facilement à ſe remettre en air, ce qui aide à groſſir les bulles : & c'eſt la raiſon pourquoi, lors qu'on fait le vuide ou qu'on fait chaufer de l'eau dans un vaiſſeau ſur le feu, on voit

ſortir des bulles en de certains endroits, qui ſe ſuccédent les unes aux autres très-vîte, & paroiſſent comme un filet de perles; car le mouvement de la bulle qui monte en haut, & la place vuide d'eau qu'elle occupe, diſpoſe les parties aëriennes qui ſont voiſines à ſe mettre ſemblablement en air.

On pourroit ici demander, juſques où ſe peut étendre cette dilatation de l'air? Voici l'expérience que j'en ai vû faire. On plongea le goulet d'une bouteille pleine d'eau dans un verre à boire qui en étoit rempli à moitié, & les ayant mis ſur la machine du vuide, on les couvrit d'un récipient; on en tira l'air peu à peu, & quelques bulles étant montées au haut de la bouteille, l'eau deſcendit peu à peu juſques au goulet, & enſuite juſqu'au deſſous de la ſurface de l'eau du verre qui s'étoit élevée par la chute de celle de la bouteille: Or en cet état, l'air enfermé avoit encore quelque vertu de reſſort, & n'avoit pas ſon étenduë naturelle, puiſqu'il ſoutenoit l'eau du verre au deſſus de celle qui étoit dans le cou de la bouteille; mais après qu'on eût fait rentrer l'air dans le récipient, l'eau remonta dans la bouteille, & il reſta ſeulement une bulle d'air au haut d'environ deux lignes de diamétre, laquelle étant comparée à la capacité de la bouteille, je trouvai par le calcul, qu'elle n'en occupoit pas $\frac{1}{4000}$, & par conſéquent que l'air de cette bulle avoit été quatre mille fois plus rarefié, & avoit encore conſervé une partie de ſon reſſort, par laquelle il faiſoit équilibre au poids de ce peu d'eau qu'il ſoutenoit, & au reſſort de l'air qui étoit encore ſous le récipient, mais beaucoup plus rarefié; car ſi l'air du matras & du récipient euſſent été rarefiez également, celui du matras ſeroit demeuré à fleur d'eau.

Pour expliquer en général la rarefaction & la condenſation de l'air, ſon mélange & ſa diſſolution dans l'eau, on peut concevoir que l'air eſt quelque choſe de ſemblable à du cotton, qui étant preſſé occupe un très-petit eſpace, & qui peut s'étendre à un beaucoup plus grand: On peut remarquer, que lorſqu'on verſe de l'ancre deſſus, elle n'y entre pas d'abord, & il demeure tout blanc dans le milieu, ſans que l'ancre y pénétre. Par cet exemple on peut comprendre pourquoi l'eau entre difficilement dans les intervalles des bulles d'air, mais qu'enfin elle y entre, & que lorſque cette matiére remplie d'eau dans ſes intervalles, eſt excitée par la chaleur, elle ſe met en mouvement & repouſſe l'eau: & comme le cotton peut ſe déveloper, & occuper un bien plus grand eſpace qu'il n'occupe ordinairement, l'air tout de même développe ſes ſpires, & les unes s'appuyant ſur les autres, elles agiſſent en reſſort, & repouſſent de toutes parts par leur mouvement les autres liqueurs, & les corps qui les preſſent. Il ne faut point croire que la chaleur inſinuë quelques eſprits ignées dans l'air pour le dilater; car les corps s'échaufent ſans qu'il y entre aucune matiére du dehors, comme quand on bat une balle de plomb à coups de marteau, ou que les rouës de carroſſe s'allument en tournant très-vîte.

Explication générale de la raréfaction & de la condenſation de l'air, &c.

L'esprit de vin, l'huile, & l'eau même, se dilatent par la chaleur, sans qu'on y voye former des bulles d'air; & à plus forte raison il n'est pas nécessaire que l'air reçoive aucune matiére de dehors, mais seulement qu'il dévelope ses spires, & qu'il écarte les autres corps qui le pressent.

Que l'air n'a de soi aucune chaleur.

Il est bon de remarquer ici que l'air de soi-même n'a aucune chaleur, & qu'étant éloigné des causes qui la produisent, comme du feu ou du Soleil, &c. il perd peu à peu celle qu'il en a reçuë, & devient enfin très-froid par la communication qu'il a avec l'air supérieur, qui est toujours très-froid, à cause que sa transparence l'empêche de recevoir l'impression du Soleil, & que la refléxion des rayons, & les vapeurs chaudes de la terre ne peuvent atteindre jusques à lui. On peut connoître manifestement ce grand froid de l'air supérieur par les neiges perpétuelles qui couvrent les hautes montagnes, même sous la Zone torride: & lorsque l'air devient tout à coup très-froid aux mois de Mai & de Juin, cela procéde du mouvement des vents qui rabattent l'air supérieur contre la terre, & refroidissent par ce moyen celui qui y étoit, ou le chassent en haut.

Remarques & expériences sur l'étenduë de la dilatation de l'air.

Il est évident par l'expérience ci-dessus, que l'air peut se dilater plus de quatre mille fois davantage qu'il n'est près de la terre, avant que d'être dans sa dilatation naturelle, telle qu'il l'a au delà de l'Atmosphére, où il n'est chargé d'aucun poids; mais il est très-difficile de déterminer jusques où s'étend cette dilatation, & même de savoir qu'elle est la hauteur de l'Atmosphére.

Quelques-uns ont cru, que cette hauteur n'étoit que de deux ou trois lieuës. Car ayant observé qu'au bas d'une tour de 220 piés le mercure du Barométre étoit moins haut qu'au dessus, d'environ trois lignes; & que les 28 pouces de mercure ne contenoient que 336 lignes, qui divisées par 3 ne donnent que 112 divisions: ils multiplioient 112 par 220 piés, dont le produit est 24640 piés, & prenant un peu plus de 2000 toises pour lieuë, ces 24640 piés ne faisoient que deux lieuës. Mais cette maniére de mesurer la hauteur de l'air n'est pas juste: En voici une qui doit approcher bien plus près de la vérité.

Il faut remarquer les changemens des Barométres en des lieux de différentes hauteurs, comme au bas & au dessus d'une haute tour, ou d'une montagne, & en faire plusieurs observations; car il s'y trouve des irrégularités, à cause du mouvement qu'on donne au mercure en montant ou en descendant.

Mr. *Toinard* m'a dit qu'il a trouvé à *Orléans* 5 lignes de différence sur 300 piés de hauteur. Monsieur *Rohaut* donne 3 lignes de différence pour une hauteur de 216 piés. Quelques autres ont assuré avoir trouvé deux lignes de différence sur la hauteur de 148 piés en la tour de S. *Jaques* de la boucherie à *Paris*. La premiére observation donne 60 piés pour ligne, la seconde 72, & la troisiéme 74.

J'en

J'en ai fait deux expériences à l'Obſervatoire. La premiére fois je trouvai un peu plus de $\frac{4}{5}$ de ligne de différence depuis le bas de la cave juſques au haut ; & depuis ce lieu juſques ſur la plate-forme, il ſe trouva encore un peu plus de $\frac{4}{5}$ de ligne : chacune de ces hauteurs eſt de 84 piés.

Je recommençai l'expérience avec Meſſieurs *Caſſini* & *Picard*, & nous trouvâmes quelques inégalités entre deux différentes obſervations. On prit deux Barométres : L'un étoit à 27 pouces 10 lignes avant que de l'ôter du lieu où il étoit ; on le deſcendit dans la cave, qui eſt 134 piés plus bas, & il monta à 28 pouces moins $\frac{1}{6}$ de ligne ; la différence eſt 2 lignes moins $\frac{1}{6}$, ce qui fait moins de 4 tiers de ligne pour 84 piés. On trouva dans l'autre Barométre, de même que dans ma premiére expérience, que depuis le bas de la cave juſqu'à 84 piés il étoit deſcendu de $\frac{4}{5}$ de ligne, & depuis ce lieu juſqu'à une pareille hauteur de 84 piés, il deſcendit encore de $\frac{4}{5}$ de ligne à peu près, ce qui fait 63 piés pour une ligne : mais, parce que l'expérience d'*Orléans* ne donne que 60 piés, je prens, pour la facilité du calcul, 60 piés d'air pour une ligne de mercure, & je diviſe toute l'Atmoſphére en 4032 diviſions, chacune d'un poids égal, ou d'une même quantité de matiére, quoique diverſement dilatées ſuivant leurs différentes élévations : je ſuppoſe que dans le lieu où l'on commence l'obſervation, les Barométres s'élévent à 28 pouces préciſément, qui font 336 lignes ; & multipliant ces 336 lignes par 12, le produit eſt 4032, qui eſt le nombre des diviſions que je donne à l'air, chacune deſquelles ſera d'un 12^{e}. de ligne ; & parce que 60 piés par ſuppoſition font une ligne au plus bas lieu, 5 piés feront un 12^{e}. de ligne : donc la premiére diviſion ſera de 5 piés ; & parce que depuis la terre juſques à la moitié de l'Atmoſphére il y a 2016 diviſions, & qu'en la plus haute de ces 2016 diviſions, l'air y doit être deux fois plus raréfié, à cauſe qu'il ne ſoutient que la moitié du poids de l'Atmoſphére (il peut l'être un peu moins à cauſe du froid qui y rêgne) cette 2016^{e}. partie aura 10 piés d'étenduë, & les 2016 diviſions vont toujours en croiſſant proportionnellement depuis 5 piés juſques à 10 : On pourra ſavoir l'augmentation de chacune par les régles dont on ſe ſert pour trouver les logarithmes : mais parce que la ſomme des progreſſions géométriques, ne différe guéres de la ſomme qu'on trouveroit en prenant ces progreſſions ſelon la proportion arithmétique, je fais ici le calcul ſuivant cette derniére proportion, & pour avoir la ſomme je prens 7 & demi moyen arithmétique entre 5 & 10, que je multiplie par 2016 ; le produit 15120 piés, ſera toute l'étenduë de l'air depuis le lieu de l'obſervation juſques à la moitié de l'air en peſanteur, c'eſt à dire juſques à la 2016^{e}. diviſion, & toute cette étenduë péſera autant que 14 pouces de mercure, ou 168 lignes. Or 15120 piés font un peu plus que les 5 quarts d'une lieuë Françoiſe. On ſuppoſe pour la facilité du calcul que chaque diviſion de 5 piés a toutes ſes parties également étenduës, quoique

quoique celles du cinquiéme pié ſoient un peu plus dilatées que celles du premier ; mais cette différence eſt comme inſenſible & changeroit peu le calcul.

La moitié du reſte de l'air aura 1008 diviſions : & parce que la premiére de ces 1008 eſt de 10 piés à peu près, & la plus haute de 20, puiſqu'elle eſt de moitié moins chargée ; il faut prendre 15 pour le nombre moyen, qui multiplié par 1008 diviſions, donne encore le même nombre de 15120 piés ou 5 quarts de lieuë. La moitié du reſte aura 504 parties, dont la plus haute aura 40 piés d'épaiſſeur, & la plus baſſe 20 ; & par les mêmes raiſons le produit de 30, étenduë moyenne, par 504, qui eſt encore 15120 piés, ou 5 quarts de lieuë, ſera l'étenduë de ces 504 parties, & toujours chacune de ces parties péſera un 12^{e}. de ligne ; & en continuant de même, on trouvera 5 quarts de lieuë pour les 252 parties ſuivantes, autant pour les 126, & de même pour les 63, 31 $\frac{1}{2}$, 15 $\frac{1}{4}$, 7 $\frac{7}{8}$, 3 $\frac{15}{16}$, & 1 $\frac{31}{32}$, qui auront toutes chacune 5 quarts de lieuë ; & donnant encore à la derniére 5 quarts de lieuë, on trouvera en tout 12 fois 5 quarts de lieue, c'eſt à dire 15 lieuës, ou 184320 piés.

Que ſi on ſuppoſe que l'air étant rarefié 4032 fois, n'a pas encore ſon étenduë naturelle : qu'on le ſuppoſe 8064 ou 16128, ou 32256 fois davantage qu'ici bas ; Cette derniére ſuppoſition n'ajoutera que 15 quarts de lieuë, ou 4 lieuës au plus, tellement que ſelon cette hypothèſe toute l'étenduë de l'air ne pourroit aller qu'à environ 20 lieuës : Et quand l'air feroit huit millions de fois plus rarefié que celui qui eſt proche de la ſurface de la terre, toute ſon étenduë, ſuivant la même progreſſion, n'iroit pas à 30 lieuës.

Pour confirmer la bonté de ce calcul de la hauteur de l'air, je l'appliquerai à deux célébres Obſervations, dont l'une eſt raportée dans le Livre de Monſieur Paſchal de *l'Equilibre des liqueurs*, & l'autre a été faite depuis quelques années par Monſieur *Caſſini*. Celle de Monſieur *Caſſini* eſt telle.

Il prit la hauteur d'une Montagne de *Provence* qui eſt ſur le bord de la Mer, & il la trouva de 1070 piés ; le mercure du Barométre dont il ſe ſervoit, étoit à 28 pouces au plus bas lieu, & au ſommet de la Montagne il ſe trouva deſcendu de 16 lignes & un tiers.

Or ſi l'on ſuppoſe 63 piés pour une ligne, comme on l'a obſervé deux fois dans l'Obſervatoire, & que l'air peſât 28 pouces de mercure au tems de ſon obſervation au bas de la Montagne, & qu'on diviſe tout l'air en 336 parties d'égale peſanteur ; chaque diviſion péſera une ligne de mercure, & par conſéquent la premiére ſera de 63 piés de hauteur. Suivant donc les raiſonnemens ci-deſſus, on fera le calcul en cette ſorte.

D'autant que dans l'endroit qui diviſe l'air en deux parties d'égale peſanteur où eſt la 168^{e}. diviſion, cette partie doit avoir 126 piés de lar-

largeur, ſavoir le double de 63; & que chaque diviſion en montant croît toujours un peu: ſi on prend ces différences en progreſſion arithmétique, & qu'on diviſe ces 63 piés par 168, chaque diviſion augmentera de $\frac{63}{168}$. Si on multiplie les 16 diviſions dont chacune péſe une ligne, par 63, le produit ſera 1008, à quoi ajoutant le tiers de 63 à cauſe du tiers de ligne, la ſomme ſera 1029, & y ajoutant 51, produit de $\frac{63}{168}$ par 136, ſomme de la progreſſion de chaque augmentation juſques à 16, le tout ſera 1080 piés, qui ſera la hauteur où le Barométre devoit diminuer de 16 lignes un tiers, ce qui approche de fort près les 1070 piés obſervés par Monſieur *Caſſini*.

La 2^e^. Obſervation a été faite ſur une haute Montagne proche la ville de *Clermont* en *Auvergne*; dont voici les principales circonſtances.

Le mercure du Barométre au plus bas lieu de *Clermont*, étoit à 26 pouces 3 lignes & demi; ayant été porté à 27 toiſes de hauteur dans la Montagne, il deſcendit à 26 pouces 1 ligne; à 150 toiſes, il deſcendit à 25 pouces; & enfin vers le deſſus de la montagne, 500 toiſes plus haut que le plus bas lieu de *Clermont*, le mercure ſe mit à 23 pouces 2 lignes: la différence entre la premiére & la derniére de ces Obſervations eſt de 3 pouces une ligne & demi, c'eſt à dire 37 lignes & demi.

La premiére obſervation fait connoître que le plus bas lieu de *Clermont* eſt beaucoup plus élevé que les caves de l'Obſervatoire, & par conſéquent qu'une ligne de mercure y doit valoir plus de 63 piés: on le peut calculer en cette ſorte.

La différence entre 26 pouces 3 lignes & demi, & 28 pouces, eſt 20 lignes & demi, qui font 20 diviſions & demi; & ſelon le calcul ci-deſſus, la derniére diviſion doit augmenter d'environ 7 piés au deſſus de 63, car le produit de 63 par 21 diviſé par 168, donne un peu plus de 7 piés, qui ajoutez à 63 donnent 70 piés. Suppoſant donc que la premiére ligne de mercure valut alors 70 piés d'air, à compter depuis le plus bas lieu de *Clermont*, on calculera la hauteur du lieu de la derniére obſervation en cette ſorte.

La différence entre 26 pouces 3 lignes & demi & 23 pouces 2 lignes, eſt 37 lignes & demi; le produit de 70 par 37 & demi eſt 2625; & parce que tout le poids de l'air n'étoit que de 26 pouces 3 lignes & demi de mercure, c'eſt à dire 315 lignes & demi, dont la moitié eſt 158 à peu près, il faut prendre $\frac{70}{158}$ pour l'augmentation qu'on doit donner à chaque diviſion, au lieu des $\frac{63}{168}$ de l'obſervation de M^r^. *Caſſini*: La ſomme de la progreſſion des 37 diviſions & demi eſt 712 à peu près, dont le produit par $\frac{70}{158}$ eſt un peu plus que 315, qui ajoutez à 2625 font 2940 piés, ou 490 toiſes, au lieu des 500 que les Obſervateurs ont données à la hauteur de la Montagne.

Si on calcule de même les deux premiéres Obſervations de 27 toiſes & de 150, on trouvera que le mercure devoit moins deſcendre en l'une & en l'autre qu'il ne fit; au lieu qu'en celle de 500 toiſes, il de-

voit descendre un peu plus bas que 23 pouces 2 lignes. Ces différences, dont la premiére & la derniére sont peu considérables, peuvent proceder de plusieurs causes: Savoir, qu'on ne prit pas exactement les hauteurs dans la Montagne: qu'il y eût quelques différences de vents pendant les différentes observations: qu'on avoit laissé un peu d'air enfermé dans le Barométre qui augmentoit ou diminuoit la force de son ressort, selon les différens degrez de chaleur qu'il recevoit: ou que le mouvement qu'on donnoit au mercure en marchant, faisoit quelques changemens dans les hauteurs qu'il devoit prendre: ou enfin que la même quantité d'air pése un peu davantage proche de la terre, qu'à 300 ou 400 toises plus haut; de même que le fer qui est éloigné de trois ou quatre pouces de l'aiman, ne fait pas un aussi grand effort pour se mouvoir vers lui, que lorsqu'il n'en est qu'à un pouce.

Si on recommençoit un jour cette Observation, & qu'on la voulut faire bien exacte, il faudroit suspendre le Barométre en montant, de telle sorte qu'on ne donnât que très-peu de mouvement au mercure: il seroit nécessaire aussi de marquer dans la relation, les médiocres hauteurs où s'éléve le mercure des Barométres dans le plus bas lieu de *Clermont* pendant toute l'année; avec quelle exactitude on auroit nivellé les hauteurs de la Montagne; quel vent auroit souflé pendant les observations, &c.

Conséquences des Expériences & des raisonnemens précédens.

Il suit des expériences & des raisonnemens ci-dessus, que si on mettoit de l'eau tiéde à cinq quarts de lieuë de hauteur, elle bouilliroit; puisque si on en met dans la machine du vuide, elle boût très-fort, dès qu'on a diminué de moitié, l'air qui est sous le récipient. Il s'ensuit aussi que s'il y avoit une montagne de la hauteur d'une lieuë & demi, les hommes & les oiseaux n'y pourroient vivre; parce que leur sang n'étant plus pressé que par la moitié du poids de l'air, & encore moins, & étant plus chaud que de l'eau tiéde, il en sortiroit quantité de bulles d'air, qui empêcheroient sa circulation, & troubleroient l'œconomie naturelle du cœur, & des autres parties du corps.

On peut aussi par les mêmes expériences expliquer plusieurs effets naturels. Comme si on demande d'où vient que les nuées ne s'élévent que jusqu'à une médiocre distance de la terre, on peut répondre que l'air étant deux fois moins condensé à cinq quarts de lieuë de hauteur qu'il n'est vers la surface de la terre, les vapeurs qui se sont élevées plus haut que l'air grossier, trouvant un air beaucoup plus leger, elle ne peuvent monter plus haut, tant à cause de la legéreté de cet air supérieur, que parce que le froid qui y régne, les condense & les rend plus pesantes. D'où il arrive que, lorsqu'il y en a beaucoup d'amassées, leurs petites parties se joignent ensemble, & forment les pluiës. On voit un semblable effet dans la machine du vuide: car au moment que l'air qui est sous le verre est doublement rarefié, & même un peu moins; on voit tomber une petite pluië qui se forme des vapeurs imperceptibles

qui

qui voloient dans cet air enfermé, lequel les laiſſe tomber, ne pouvant plus les ſoutenir pour être trop dilaté. De là on peut juger que, s'il y avoit un vaiſſeau de cinq ou ſix piés de hauteur plein d'eau, elle bouilliroit difficilement, puiſque le poids de ſix piés d'eau étant conſidérable, la matiére aërienne ſeroit plus empêchée de ſe dilater pour ſe mettre en bulles, que ſi elle n'étoit chargée que d'une petite hauteur d'eau. On pourroit douter ſi au deſſus de l'air il n'y a pas un vuide parfait, ou une autre matiére plus ſubtile, ou même ſi la dilatation de l'air ne va pas à une plus grande étenduë que de 20 ou 30 lieuës, puiſqu'il y a quelque vrai-ſemblance qu'il doit s'étendre juſqu'à la Lune. Mais en ce dernier cas, il faudroit croire que celui qui eſt fort élevé a beaucoup moins de mouvement vers la terre, à proportion de ſa dilatation, que celui qui n'en eſt éloigné que d'une lieuë ou de deux. Par cette hypothéſe & par celle du mouvement de la terre, on pourroit expliquer aſſez bien le mouvement de la Lune autour de la terre; ſes apogées & périgées, &c.

L'air a encore beaucoup d'autres propriétez qui ſont difficiles à expliquer: Mais quelques Philoſophes lui en attribuent auſſi beaucoup qu'il n'a pas; par exemple, qu'il ſe change en ſalpêtre, en s'inſinuant dans les terres, & dans les plâtras: car ce n'eſt pas de l'air que procéde la génération du ſalpêtre, mais des particules de ſalpêtre que la chaleur fait élever dans l'air, & qui retombent avec les pluiës; j'en ai fait l'expérience ſuivante.

Des propriétez qu'on attribue fauſſement à l'air.

J'ai tenu pendant près de deux ans auprès d'une grande fenêtre ouverte dans une chambre d'un quatriéme étage, un panier plein de plâtras, deſquels on avoit tiré du ſalpêtre, pour ſavoir ſi l'eſprit nitroaërien de l'air, comme quelques Chimiſtes le nomment, y formeroit de nouveau ſalpêtre. Mais, après les avoir leſſivés & fait évaporer l'eau, il ne parut pas un atome de ſalpêtre dans la réſidence, en la jettant dans le feu; au lieu que de ſemblales plâtras ayant été mis pendant le même tems dans une cave ſur de la terre affermie, après avoir bien nettoyé la place, il s'y en trouva conſidérablement ſans y avoir rien mêlé de la terre de la cave. Ce qui m'a fait juger que le ſalpêtre s'éléve de la terre à ſa ſurface, & gagne peu à peu le haut des maiſons; & que celui qui dans les nuées concourt à la production du tonnerre, y eſt élevé avec les exhalaiſons inflammables. Et quoique l'air ſoit néceſſaire pour entretenir la flamme, il ne s'enſuit pas que l'air ſe change en feu, ni qu'il donne une matiére nitroaërienne pour l'entretenir: il faut plutôt croire que la flamme s'éteint ſi elle eſt trop preſſée par le reſſort de l'air, & que ſi elle n'eſt pas aſſez preſſée, elle ſe diſſipe; d'où il arrive que dans la machine du vuide on ne peut allumer d'autre flamme que celle de la poudre à canon, encore très-difficilement. Cette flamme de la poudre s'allume dans les lieux ſerrés où il y a peu d'air, & elle force le reſſort de l'air, parce que l'eſprit du ſalpêtre ſe dilatant, ſouffle le feu

du charbon & du souphre, & le contraint de s'allumer par ce mouvement, & dans le vuide il fait le même effet. Il arrive aussi que, lorsqu'il y a trop de vapeurs à l'entour de la flamme, elle s'éteint, comme on le voit dans les caves où il y a du vin nouveau qui jette ses fumées; car les chandelles s'y éteignent, particuliérement lorsqu'on les met près de la terre, à cause qu'il y a là plus de vapeurs que vers le haut de la voûte. Ce dernier effet se prouve en mettant un gros charbon ardent dans de l'eau, & le couvrant promptement avec un grand verre à boire: car le verre s'emplit de fumées & de vapeurs; mais peu à peu le haut du verre s'éclaircit, & on ne voit plus de vapeurs qu'au bas du verre, proche la surface de l'eau, où enfin elles se réünissent.

Si on met dans un air trop pressé un charbon allumé, il s'amortit; mais si on le soufle, il se ralume: ce qui fait connoître que le vent que produit le salpêtre, peut tenir allumée la flamme pressée, & l'empêcher de s'éteindre.

De quoi l'air n'est pas composé.

On ne doit pas dire aussi que l'air soit composé des vapeurs & des poussiéres qui y sont mêlées, non plus que les sels dissous dans l'eau, ni les terres qui la rendent trouble, ne sont pas des parties de l'eau: & lors qu'en Eté les verres remplis d'une eau très-froide se ternissent au dehors, il ne faut pas croire que ce soit l'air qui s'y réduise en vapeurs, mais bien, que les vapeurs invisibles qui volent dans l'air, s'y condensent par le froid, & y forment enfin de petites goutelettes d'eau semblables à celles que le soufle fait paroître sur les miroirs en Hiver.

Si les verres sont encore mouillez de l'eau dont on les a lavez, ils ne se ternissent pas, quoi qu'on mette de la glace dans l'eau qui y est; parce que les vapeurs de l'air se joignent à l'eau extérieure, & s'étendent avec elle, & par ce moyen il ne se fait point de ces petites goutelettes séparées qui ternissent le verre.

Qu'il ne refoud pas les sels dans les tems humides, & Qu'il n'est pas de soi la cause de la corruption.

Ce n'est pas aussi l'air qui refoud les sels dans les tems humides; mais ce sont les vapeurs aqueuses qui voltigent dans l'air, qui s'y attachent.

L'air n'est point de soi la cause de la corruption des fruits, du vin, &c; mais la seule facilité de l'évaporation de quelques particules de ces substances, lorsqu'elles sont exposées au grand air, c'est ce qui fait éventer le vin, & passer les fruits en peu de tems; au lieu que s'ils sont enfermés avec peu d'air, ils se conservent fort long-tems.

Les Herbes pressées entre deux linges demeurent vertes deux ou trois jours, même en Eté; au lieu qu'elles se flétrissent en moins d'une heure étant exposées au grand air. J'ai vu du sang enfermé dans un petit matras, scellé hermétiquement, être encore très-liquide, & d'une belle couleur, quoiqu'il y eût plus de dix ans qu'on l'y avoit mis: & si les fruits comme les cerises, les pommes, &c. se conservent dans le vuide assez long-tems, ils se conservent encore mieux lorsqu'il y a de l'air dans les petits vaisseaux où ils sont enfermés, parce que quelques-unes de-

de leurs particules se dissipent dans le vuide; j'en ai fait cette expérience.

Je mis dans une petite phiole, au mois de Juin, des feuilles de Roses, des Cerises, & des Féves vertes; je fermai l'ouverture avec de la cire rouge fort gluante; & au bout de neuf jours je trouvai que les Cerises étoient entiéres & de même couleur; les feuilles de Roses étoient entiéres, mais un peu diminuées de couleur; & les Féves, sans aucune altération considérable: au lieu que de semblables matiéres que j'avois laissées à l'air dans le même endroit de la chambre, étoient fort différentes; car les Féves étoient plus petites de moitié, & fort dures; les feuilles de Roses étoient séches; & les Cerises, noires & pourries, parce qu'il faisoit alors une très-grande chaleur. De là on peut juger que, si on avoit mis la petite phiole dans une cave fort profonde, ces fruits qui y étoient enfermés se seroient conservez plus de deux mois.

Les Fraises & les autres fruits fort humides ne se conservent pas bien dans une bouteille fermée, parce que les vapeurs qui s'en élévent retombent dessus en eau, & cette eau les fait corrompre.

Si l'air est coloré.

La plupart des Philosophes croyent que l'air est sans couleur. Mais il y a beaucoup de raisons qui doivent persuader qu'il est bleu: car les hautes montagnes éloignées paroissent bleuës, comme étant vuës à travers un corps bleu transparent; l'air paroît bleu en un tems serain, à cause qu'il y a beaucoup d'épaisseur jusqu'au haut de l'Atmosphére, mais on ne discerne point cette couleur dans une médiocre épaisseur, comme d'un quart de lieuë, de même qu'une goute de vin peu chargé de couleur paroît claire comme de l'eau. On peut juger aussi que l'air est bleu, par cette expérience.

Recevez la nuit en un tems serein la lumiére de la Lune sur une feuille de papier blanc, & en même tems celle d'une chandelle; il faut faire en sorte que la Lune ne luise que sur une partie du papier & la chandelle sur l'autre, ce qui se peut exécuter par le moyen d'un carton que l'on tiendra perpendiculairement sur le papier: Alors la partie éclairée par la seule chandelle, paroitra rougeâtre, parce que sa lumiére a beaucoup de cette couleur; mais la partie éclairée par la Lune seule paroitra bleuë, parce que sa lumiére passe au travers de beaucoup d'air, & en prend la couleur.

Si l'air se méle avec le sang dans les poumons.

Quelques Anatomistes croyent que l'air se mêle avec le sang dans les poumons, pendant la respiration; mais cela n'est aucunement nécessaire, puisqu'il y a déja de la matiére aërienne dans celui qui est dans les veines. On pourroit observer par des expériences faites dans la machine du vuide, si le sang des artéres donne une plus grande quantité de bulles d'air que celui des veines. Car ce n'est pas assez que le sang artériel ait une couleur plus vive que le sang vénal, pour inférer qu'il à pris de l'air en passant par le poumon, puisque cet effet pourroit proceder de ce que le sang de la veine cave passant à travers les peti-

tes membranes du poumon, s'y rafine & devient plus ſubtil, de même que les liqueurs qui ſe filtrent en paſſant à travers quelques corps poreux, deviennent plus belles & plus tranſparentes ; & il ne faut pas douter que le ſang ne ſe charge de beaucoup d'impuretés en paſſant par la Rate, par les Boyaux, par les Membranes de l'Eſtomac, &c.

On expliquera les autres propriétez de l'Air ſelon le raport qu'elles auront à celles qui ont été ici expliquées, en ſe ſervant des mêmes hypothèſes, leſquelles on peut recevoir juſques à ce qu'on en invente quelques autres qui conviennent mieux à tous les effets.

F I N.

TROISIÉME ESSAI.

DU
C H A U D
ET
DU FROID.

Par Mr. M A R I O T T E,

de l'Académie Royale des Sciences.

DISCOURS

POUR FAIRE VOIR QUE LE FROID N'EST QU'UNE PRIVATION OU UNE DIMINUTION DE CHALEUR, ET QUE LA PLUPART DES LIEUX SOUTERRAINS SONT PLUS CHAUDS EN E'TE' QU'EN HIVER.

Qu'on ne doit pas toujours juger des choses en elles mêmes, & entr'autres du froid & du chaud, par les sens.

LEs Philosophes se plaignent que nos sens nous trompent: mais bien souvent c'est plutôt par le défaut du raisonnement que nous tombons en erreur, que par le défaut des sens; car ils ne sont pas disposés pour nous faire connoître les choses telles qu'elles sont en elles-mêmes, mais seulement telles qu'elles sont à notre égard, afin que nous puissions éviter celles qui nous sont nuisibles, & nous servir de celles qui sont propres à notre conservation.

La vérité de cette hypothèse se reconnoît principalement dans le discernement du chaud & du froid. Car la plupart des choses naturelles faisant leurs fonctions par la chaleur; soit qu'elle soit interne & propre, comme celle des hommes & des autres animaux; soit qu'elle soit externe, comme celle que les Plantes reçoivent du Soleil: le degré de chaleur qui leur convient, ne peut être notablement augmenté ou diminué, qu'elles ne périssent. C'est pourquoi le sens de notre attouchement a dû être disposé de telle sorte, que tout ce qui excéde le tempérament de notre chaleur, nous parût chaud; & que tout ce qui a moins de chaleur que nous, ou qui n'en a point du tout, excitât en nous un autre sentiment, & une douleur toute différente, sous l'apparence de ce que nous appellons froid; afin que nous pussions éviter les inconvéniens qui arriveroient par l'augmentation ou par la diminution de notre chaleur naturelle, & nous conserver dans notre juste tempérament. Mais d'en tirer cette conséquence, que tout ce que nous sentons froid, soit absolument sans chaleur; c'est une erreur très-grossiére: car de même que quelques animaux qui sont naturellement plus chauds que nous, se tromperoient, si en nous touchant ils nous jugeoient sans chaleur; aussi nous trompons-nous, lorsque nous estimons froids absolument ceux qui ont leur tempérament de chaleur dans un degré inférieur au nôtre, & que l'eau soit entiérement sans chaleur, lors qu'elle nous paroît froide. Pour faire connoître cette vérité, qu'on mette de l'eau tiéde dans quelque vaisseau, & que quelqu'un tirant sa main d'une eau presque bouillante, la trempe dans cette eau tiéde: il est certain qu'il

qu'il la trouvera froide, quoiqu'elle ne le ſoit pas; & qu'il la trouveroit chaude après avoir manié quelque tems de la neige. D'où il s'enſuit, qu'il eſt impoſſible de déterminer par l'attouchement les bornes du chaud & du froid; c'eſt à dire, de juger quand la chaleur ceſſe, & quand le froid commence.

Que ſi on jette dans une cuve pleine d'eau, une poignée de ſel, & un verre d'eau bouillante; il eſt évident que l'eau de cette cuve ſera ſalée, puiſqu'il y aura du ſel, & qu'elle aura de la chaleur, puiſque celle de l'eau bouillante y ſera mêlée réellement; & toutefois cette eau étant moins ſalée que notre langue, elle nous paroitra inſipide, & nos mains étant plus chaudes, nous la trouverons froide.

Ce n'eſt donc pas par le ſentiment du froid que nous devons juger ſi une choſe eſt ſans chaleur, mais par des raiſonnemens fondés ſur d'autres principes, & par les effets que la chaleur produit ordinairement. Or les principaux effets de la chaleur ſont, de faire croître & végeter les Plantes & les Animaux, de faire évaporer l'humidité qui eſt dans les corps, & de faire fondre & rendre liquides les choſes ſolides & groſſiéres, comme l'or, le plomb, la cire & la glace, quoique ſelon divers degrés: car il faut beaucoup plus de chaleur pour faire fondre l'or & le faire couler, que pour faire couler le plomb; & il en faut moins pour fondre glace, que pour fondre la cire.

Par où l'on doit juger qu'une choſe eſt ſans chaleur.

Si donc nous croyons que le coulement de la cire ſoit un effet de la chaleur, & qu'elle ne puiſſe ſe fondre ſans être chaude; pouvons-nous douter que, lorſque la glace ſe fond, cette fuſion ne ſoit auſſi un effet de la chaleur, & qu'elle ne ſoit véritablement chaude lorſqu'elle eſt fonduë? D'ailleurs, quelque froide que l'eau nous paroiſſe, elle pouſſe des vapeurs, comme il ſe voit par les brouillars qui s'élévent ſur les Etangs & ſur les Riviéres, même de nuit & en Hiver, ce qui ne ſe pourroit faire ſi ces eaux étoient ſans chaleur: & les poiſſons ne pourroient digérer, croître, & faire leurs autres fonctions, ſi leur tempérament n'avoit quelque degré de chaleur; & parce que l'eau eſt d'ordinaire d'un même tempérament que les poiſſons, il s'enſuit qu'elle eſt chaude. Lors qu'en Eté les poiſſons meurent dans des eaux que nous trouvons froides, cela ne peut arriver que parce qu'elles ſont trop chaudes à leur égard; d'où vient qu'ils cherchent alors l'eau des fontaines, qui vraiſemblablement leur paroît tiéde, & n'altére point leur chaleur naturelle. A quoi ſi on ajoûte que le Creſſon & les autres Herbes aquatiques croiſſent & fleuriſſent en Eté dans des Fontaines que nous trouvons très-froides; il n'y aura plus lieu de douter qu'il n'y a point d'eau qui ne ſoit chaude. Cela étant ſuppoſé, il eſt aſſez facile de montrer qu'il y a peu de glace & de neige qui n'ait auſſi quelque chaleur: car, ſi l'eau tiéde diminuant peu à peu ſa chaleur, nous ſemble peu à peu devenir froide, il eſt vrai-ſemblable, que continuant à nous paroître un peu plus froide lorſqu'elle commence à ſe geler, elle conſerve encore

quelque reste de chaleur; autrement il faudroit dire que la congélation ne pourroit subsister qu'avec un froid parfait, ce qui est manifestement faux, puisque l'or & le plomb commençant à se congeler, sont encore si chauds qu'ils nous brulent : & par conséquent il n'est pas incompatible que la glace ne conserve en son commencement quelque chaleur, qui diminuë peu à peu, comme celle du plomb lorsqu'il est congelé. De plus, il est certain qu'un même feu agissant sur l'or & sur le plomb, fait fondre le plomb plutôt que l'or; & que le Soleil luisant également sur de la glace & sur de l'eau de vie gelée, fait plutôt couler l'eau de vie que la glace: mais l'or, quoiqu'il ne soit pas encore fondu, est autant ou plus chaud que le plomb fondu: donc, par une raison égale, la glace, quoiqu'elle ne soit pas encore fonduë, sera autant ou plus chaude que l'eau de vie qui commence à être fonduë, laquelle, par les discours précédens, est véritablement chaude, puisqu'elle est renduë liquide: Aussi voyons-nous souvent les blés & plusieurs autres herbes croître & conserver leur verdure parmi la neige & la terre gelée, ce qu'elles ne pourroient faire sans chaleur; & par conséquent il faut que ces herbes, & la neige qui les touche, soient chaudes. J'ai aussi observé que la glace pousse des vapeurs; car elle diminuë tous les jours de poids, quelque froid qu'il fasse : & puisque l'évaporation est un effet de la chaleur, il s'ensuit que la glace, qui pousse des vapeurs, est chaude, & que le froid qui nous paroît en elle, n'est qu'une diminution de chaleur.

Que le froid dans la glace, aussi bien que dans les autres choses, n'est qu'une diminution de chaleur.

Autre preuve de cela.

Pour mieux raisonner sur cette matiére il faut remarquer que la plupart des qualités qui nous semblent être contraires aux qualités actives, ne sont rien en effet, mais seulement une privation ou manquement de ces qualités: ainsi les ténébres sont une privation de la lumiére, & le repos, ou immobilité, est une privation du mouvement; puis qu'être immobile & ténébreux, n'est autre chose, qu'être sans mouvement & sans lumiére. Or il est aisé de juger, que la qualité qui est contraire à la chaleur, doit suivre la même régle, & que le froid parfait n'est autre chose qu'une privation entiére de chaleur: car d'autant que le mouvement est le seul principe, ou, du moins, un des principes de la chaleur, comme on le reconnoît par l'expérience des rouës de carrosse qui s'allument en roulant violemment, & que les effets doivent être proportionnés à leurs causes; si le mouvement a pour son contraire le repos, qui est une privation, le contraire de la chaleur qui est le froid, sera aussi une privation; & si les corps ne sont chauds que par un mouvement violent de leurs particules, il s'ensuit nécessairement que lorsque leur mouvement cesse, ils demeurent froids & sans chaleur. Mais, comme l'éguille d'une montre nous paroît sans mouvement, parce qu'elle tourne très-lentement; ainsi un corps qui a fort peu de chaleur, nous doit paroître comme s'il n'en avoit point du tout. Et toutefois nous faisons différence de glace à glace, & de neige à neige, à l'égard de la froideur: car la neige

ge étant sur le point de se fondre, se manie aisément; mais il y en a qu'on ne peut long-tems toucher, sans souffrir un froid très-sensible, & il peut y avoir de la glace tellement éloignée de notre tempérament, que si on la touchoit, la main s'y attacheroit. Mais, parce que la privation ne reçoit ni augmentation ni diminution, car deux corps sans mouvement sont aussi immobiles l'un que l'autre; il est nécessaire que de ces glaces & de ces neiges, qui nous paroissent de différente froideur, les moins froides à notre sens, ayent un peu de chaleur, les autres un peu moins, & que celles dont le froid est excessif, en soient entiérement privées, ou presque entiérement privées.

Autre preuve de la même chose, en ce qu'on ne peut assigner aucune cause positive du froid &c.

Pour confirmer cette opinion, on peut considérer qu'il ne paroît dans la nature aucune cause positive du froid, ni aucun corps qui ne puisse être échauffé. Il y a des Philosophes modernes qui attribuent le principe du froid au salpêtre, parce que quand on en mêle avec de la neige, ou qu'on en dissout dans l'eau, ce mélange facilite le refroidissement du vin & des autres liqueurs qu'on y plonge pour les rafraichir: mais cela procéde de ce que le salpêtre étant un corps plus condensé que l'eau, il communique plus fortement sa froideur que l'eau. Le même effet paroît dans le sel commun: car, si on en mêle avec de la neige dans un plat, & qu'on mette un autre plat dessus où il y ait un peu d'eau, cette eau sera bien plutôt gelée que s'il n'y avoit que de la neige au dessous; ce qui arrive à cause que le sel se fondant à demi dans la neige, ce mélange d'eau salée, qui a une froideur égale à celle de la neige, touche le plat supérieur en beaucoup plus de parties que ne fait la neige seule, ou la glace brisée, & par conséquent il en doit être beaucoup plus refroidi. D'où il s'ensuit, que cet effet ne prouve point que le salpêtre ou le sel ayent de soi plus de froideur que la neige.

Il n'y a aussi nulle apparence que l'air soit une cause positive du froid, quoiqu'il refroidisse ordinairement les autres corps: j'attribuë cet effet à la diminution de chaleur, & je l'explique en cette sorte.

Lorsqu'il a fait très-chaud tout le jour, & que le Soleil commence à se coucher, l'air supérieur qui est toujours très-froid, parce qu'il reçoit très-peu d'impression de la lumiére du Soleil, comme il a été prouvé ailleurs, refroidit peu à peu celui qui est au dessous, qui communique ensuite sa froideur à celui qui est proche de la surface de la terre, lequel étant devenu froid, c'est à dire moins chaud, fait diminuer peu à peu la chaleur de la terre & celle de l'eau. Car, de même qu'un corps très-pesant étant mis en mouvement, est arrêté plus difficilement qu'un corps leger; ainsi la terre & l'eau conservent bien plus long-tems la chaleur que le Soleil leur a donnée, que l'air qui leur est contigu: d'où il arrive qu'en Hiver l'eau commence à se geler à sa surface, à cause de l'air qui la touche, qui recevant facilement la froideur de l'air supérieur, la communique plutôt à la partie de l'eau qu'il touche, qu'à celle qui est au fond. On raisonnera de même à l'égard des autres

corps qu'on pourroit conjecturer être des causes positives du froid, comme les esprits nitreux, les esprits que quelques-uns appellent frigorifiques, sans déterminer de quels corps ils procédent, &c.

Objection contre ce qui a été dit & prouvé.

Que si on insiste, & qu'on objecte que le froid agit, puisqu'il engourdit, & fait mourir les animaux, qu'il durcit les eaux, & fait fendre les arbres, & que par conséquent ce n'est pas une privation: On pourra répondre que ce que nous soufrons par le froid, procéde de ce que notre chaleur naturelle se dissipe par l'attouchement des choses absolument froides, ou beaucoup moins chaudes que nous; car les qualités se communiquent & passent d'un sujet en un autre, comme une boule qui roule rencontrant une pierre immobile, lui communique une partie de son mouvement, quelle perd: & nous ne pouvons perdre beaucoup de notre chaleur, sans mourir, ou sans une extrême douleur; ainsi qu'un homme ayant demeuré long-tems dans les ténébres qui n'agissent point, & ne font qu'une pure privation, ne laisseroit pas de perdre la vuë, ou du moins elle s'affoibliroit beaucoup. Pour ce qui est des arbres qui se fendent, & de l'eau qui se géle, ce n'est pas plutôt une action & un effet du froid, que lorsque le plomb se prend & se congéle après avoir été fondu: car comme c'est la nature du plomb d'être ferme & solide, & de ne se fondre que par violence, & qu'il retourne de soi-même à se congeler, conservant encore beaucoup de chaleur; ainsi l'eau d'elle même se congéle, lorsque le chaud qui la tenoit fonduë se diminuë, & les arbres qui avoient leurs pores ouverts, & laissoient sortir des matiéres rarefiées, ces pores étant resserrés, particuliérement quand leur écorce est couverte de verglas, ces matiéres rarefiées & spiritueuses ne peuvent sortir, & enfin elles font un effort, & rompent l'endroit le plus foible pour se faire passage; de même qu'il arrive à l'eau glacée dans laquelle ces matiéres se dilatent & se mettent en air, & ne pouvant sortir elles rompent la glace.

Résultat des raisonnemens précédens.

*De ces raisonnemens il résulte, que s'il n'y avoit ni Soleil, ni feu, ni mouvement dans la nature, toutes les choses demeureroient sans lumiére & sans chaleur; & alors il y auroit de la glace & de la neige véritablement froides, comme il y en a peut-être sous les poles, lorsque le Soleil a été cinq ou six mois sans y luire. Mais, comme le Soleil agit toujours, même jusqu'au centre de la terre, il y a peu de choses qui ne se ressentent de sa chaleur, & ne soient véritablement chaudes, quoique celles qui sont au dessous de notre tempérament nous paroissent froides. Et pour conclusion nous dirons que la glace, la neige, & la plupart des eaux & des autres choses sublunaires, sont froides à notre égard, & que nous les devons appeller telles dans nos discours ordinaires; mais que réellement il n'y a point d'eau qui ne soit chaude, & peu de glaces & de neiges qui ne le soient aussi; & enfin, que le véritable froid, s'il y en a ici bas, n'est qu'une privation entiére de chaleur.

Ces choses étant supposées, il est manifeste qu'il ne faut pas entreprendre

prendre de juger si les caves & les autres lieux souterrains sont plus chauds en Hiver qu'en Eté, par le chaud ou par le froid que nous y ressentons; mais que pour nous en asseurer, il faut fonder nos raisonnemens sur d'autres expériences.

Que les lieux souterrains sont plus chauds en Eté qu'en Hiver.

Or si l'on suppose que dans les caves ordinaires, & dans les autres lieux souterrains éloignés des fontaines chaudes, ou des Montagnes qui jettent des flammes, il n'y a point d'autre chaleur que celle qui procéde du Soleil; il est aisé à conjecturer que pendant les premiéres chaleurs de l'Eté, quand même elles seroient très-grandes, les caves très-profondes doivent être moins échauffées qu'au commencement de Septembre, parce que la chaleur s'insinuë peu à peu dans la terre, & qu'il faut beaucoup de tems avant qu'elle ait pénétré jusques à 30 ou 40 piés de profondeur : car même lorsque le Soleil luit tout le jour, la surface de la terre est plus échaufée à trois heures après midi, qu'à dix ou onze heures du matin, & il fait d'ordinaire moins chaud au Solstice d'Eté, qu'un mois ou six semaines après; & par la même raison la plus grande chaleur des caves fort profondes doit être vers la fin de l'Eté, & le plus grand froid vers la fin de l'Hiver, parce qu'elles s'échauffent & se refroidissent peu à peu.

Expériences qui confirment ce que l'on vient d'établir.

Pour savoir si l'expérience feroit conforme à ce raisonnement, je fis porter dans un caveau de l'Observatoire Royal de *Paris*, un Thermométre d'environ trois piés & demi de longueur, dans lequel, lorsqu'il étoit dans une chambre, l'esprit de vin montoit jusques à plus de 3 piés pendant l'Eté, & descendoit en Hiver jusques fort près de la pomme. Ce Thermométre étoit seellé hermétiquement au haut du tuyau pour empêcher l'air d'y entrer, & étoit divisé en plusieurs parties égales chacune de quatre lignes. Je commençai d'en observer les changemens le 6 Décembre 1670, après que je l'eûs laissé trois ou quatre jours sans y regarder. Je remarquai ce jour là que l'esprit de vin étoit à la 53^{e}. des divisions, que j'appellerai ici des degrés. Le 18 Décembre il étoit descendu à 52 degrés $\frac{4}{7}$ à peu près, & demeura en cet état sensiblement pendant tout l'Hiver, qui ne fut pas fort-rude cette année-là.

Au commencement d'Avril 1671, il parut être un peu plus haut, & continua de monter jusques au 25 Août, & en ce tems il se trouva à 53 degrés $\frac{2}{7}$. Il monta encore un peu jusques au 15 Septembre, auquel jour il étoit fort près de 53 degrés & demi, en sorte que toute sa montée fut un peu au dessous de quatre lignes. Il demeura stationnaire jusques au mois de Novembre, où il commença à baisser; & enfin le 18 Décembre il revint environ au même point que l'année d'auparavant, savoir à 52 degrés $\frac{4}{7}$, & demeura à peu près de même jusques au 15 du mois de Février 1672, où le tems étant fort froid & la Riviére gelée, il parut quelques jours après à 52 degrés & demi, & il demeura sensiblement en cet état jusques au 15 de Mars, auquel jour & dans les suivans, il commença à monter très-peu, mais il monta assés considérablement

blement pendant le mois de Mai, & continua de monter jusques au mois de Septembre 1672, & revint encore à fort près de 53 degrés & demi, comme en l'année 1671. Desquelles expériences il est manifeste, qu'il faisoit plus chaud dans ce caveau à la fin de l'Eté, qu'au mois de Janvier & de Février. Ce caveau étoit à 84 piés de profondeur.

Sur la fin du mois de Novembre 1672, Je fis porter ce même Thermométre dans une maison qui est vis-à-vis du Collége de *Clermont* dans la ruë S. *Jaques*, & je le plaçai dans une cave de 30 piés de profondeur. Le lendemain l'esprit de vin étoit au 49^e. degré, & pendant les mois de Décembre & de Janvier il descendit peu à peu jusques au 44^e. degré; mais le froid s'étant augmenté en Février, il descendit enfin jusques à 42 degrés & demi.

Sur la fin du mois de Mars 1673, trois jours après un médiocre froid il étoit remonté à 47 degrez moins un tiers. Le 4. Avril il étoit à 47 degrés précisément; & le froid ayant recommencé le 6 Avril, il fut le 14. à 47 degrés moins un tiers. Le 19. le tems devint un peu plus chaud, & les quatre jours suivans encore plus, & le 24. il étoit monté à 47 degrés un tiers. La chaleur du tems augmenta jusques au premier Mai, auquel jour il étoit à 47 degrés deux tiers. Le chaud continua d'augmenter, & le 16 Mai l'esprit de vin étoit à 48 degrés un peu plus. Le 19. Mai après trois jours de froid, il parut être monté un peu, & étoit à 48 degrés un quart, quoique dans les Thermométres tenus dans des chambres, il fut descendu de plus de dix degrés pendant ces trois jours.

Le froid continua jusques au premier de Juin, & le cinquiéme Juin l'esprit de vin étoit monté à 48 degrés trois quarts, tellement qu'alors cette cave étoit encore plus froide que le 25 Novembre précédent. Le 19. Juin l'esprit de vin étoit à 49 degrés moins $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{6}$. Le 3 Juillet il étoit à 49 degrés un tiers.

Le 17, à 49 trois quarts; auquel jour je sentis dans cette cave un froid très-incommode, parce qu'il faisoit très-chaud par les ruës.

Le 31, il étoit à 50 degrés un quart.

Le 14 Août, à 50 degrés deux tiers.

Le 28, à 51.

Le 15^e. Septembre, à 51 & demi; où l'on cessa d'observer, parce que le Thermométre fut cassé: & il y a apparence que l'esprit de vin ne fut pas monté jusques à 53 degrés & demi, comme en la cave de l'Observatoire; dont la raison est, qu'ayant été en Février à 42 degrés & demi, il y faisoit beaucoup plus froid en ce tems là que dans la cave de l'Observatoire, où il n'étoit descendu qu'à 52 degrés & demi, & le chaud de l'Eté ne continua pas assez long tems, ou ne fut pas assez grand pour chasser ce froid: car le Soleil ne luit dans la ruë où est cette cave qu'une heure le jour; ce qui fait que la terre qui environne cette cave ne reçoit jamais guére de chaleur: mais l'air qui est dedans

reçoit

reçoit beaucoup plus de froid que celui qui eſt dans la cave de l'Obſervatoire, parce que ce dernier eſt beaucoup plus éloigné du froid qui eſt en Hiver ſur la ſurface de la terre. Puis donc qu'à la fin de l'Eté l'eſprit de vin de ce Thermométre étoit dans cette cave de 30 piés de profonfondeur, plus haut de 9 degrés ou 36 lignes qu'à la fin de l'Hiver; il s'enſuit qu'il y fait une chaleur bien plus grande en Eté qu'en Hiver. Il paroît auſſi par ces Obſervations, qu'aux mois de Juin & de Novembre il y avoit à peu près la même température d'air, puiſque l'eſprit de vin étoit à la même hauteur pendant pluſieurs jours de ces deux mois, comparant les premiers jours du mois de Juin aux derniers de Novembre, & ainſi des autres; dont la raiſon eſt évidente, ſavoir, que le chaud n'avoit pas encore pénétré la terre au mois de Juin, ni le froid au mois de Novembre. Il paroît encore que les changemens ſont beaucoup moindres dans la Cave de l'Obſervatoire qui a 84 piés de profondeur, qu'en cette derniére de 30 piés de profondeur; puiſqu'en une année entiére, la différence de la montée du Thermométre en la premiére eſt moindre que 4 lignes, & qu'en l'autre elle eſt de 36 lignes: d'où l'on peut conclure, qu'en une profondeur de 100 piés, l'air y eſt toujours à fort peu près de même température, principalement quand il n'a aucune communication avec celui qui eſt vers la ſurface de la terre, quoique, ſi on y deſcendoit pendant les grandes chaleurs de l'Eté, lorſque les pores du cuir ſont fort ouverts, on y reſſentiroit beaucoup de froid, & qu'au contraire on ſentiroit une agréable chaleur, ſi on y deſcendoit au plus fort de l'Hiver, quoiqu'en effet il y fit un peu plus chaud au mois d'Août qu'au mois de Janvier.

J'ai fait encore pluſieurs obſervations dans une autre cave moins profonde.

Le 21. Juillet 1674 je tenois deux Thermométres de même force dans une chambre au ſecond étage où le Soleil ne luiſoit point: l'eſprit de vin y étoit juſques à la 89e. diviſion; chaque diviſion étoit de 2 lignes un tiers, que j'appelle auſſi des degrés. Le 23 je portai un de ces Thermométres dans une cave qui eſt à 10 piés de profondeur ſous le rez de chauſſée de la maiſon; & laiſſai l'autre dans la chambre.

Le 26. l'eſprit de vin étoit deſcendu en celui de la cave, à 52 degrez & demi; & environ 8 jours après, il étoit remonté à 53 & demi.

Le 15. Août il étoit à 54 degrez, quoique dans celui de la chambre il fut à 64: je mis une marque de cire ſur le tuyau de celui de la cave pour mieux marquer les changemens; le deſſus de la cire étoit vis-à-vis de ce 54e. degré.

Le 21. celui de la chambre étoit à 57 degrez, & le 22. à 60; & celui de la cave étant deſcendu de trois quarts de ligne, étoit à 53 degrez deux tiers, à peu près. Le 2. de Septembre il revint vis-à-vis du haut de la marque de cire, c'eſt à dire au 54e. degré: celui de la chambre

bre étoit au 63. Le 8. celui de la cave étoit à 54 degrez un quart, & celui de la chambre à 63.

Je discontinuai les observations jusques au 16 Novembre de la même année; mais je les continuai depuis ce jour jusqu'au 8. Septembre 1675. Les plus considérables de ces observations sont dans la Table suivante, dont la premiére colomne marque les jours des mois; la seconde, les hauteurs du Thermométre de la chambre; & la troisiéme, les hauteurs du Thermométre de la cave de dix piés de profondeur.

Table des jours & des hauteurs des Thermométres.

NOVEMBRE 1674.

16.	42 d.	46 d.

DECEMBRE.

9, *ce jour les ruës étoient gelées.*	20 ½	36
15	20	33
17, *dégel*	28	35
20	32	35 ½
22	40	36

JANVIER 1675.

1	44	38
22, *gelée*	22	30
24	24	31

FEVRIER.

1	33	32
18	29	33 ½
22	27	31 ½
28	28	31 ¼

MARS.

6	29 d.	31 d.
9	38	31 ½
13	42	32 ¼
16	36	32 ½
20	32	32 ½

Le froid continua jusques au premier Avril, & l'esprit de vin du Thermométre de la chambre n'étoit le 3. qu'à 33 degrés; il fit chaud ensuite.

AVRIL.

6	49	34
22	44	37
26	60	37 ¼

MAI.

9	60	37 ½

JUIN.

4	62	44

AOUT.

16	70	50
20	73	52

SEP-

SEPTEMBRE.

4	68 d.	53 d.
8	65	53¼

JANVIER 1676.

La chambre étoit sans feu.

8, *tems doux.*	41	43
27	36	36

FEVRIER.

18	40	38
27	32	37½

Le premier Mars il gela, & il avoit gelé la veille; le Thermométre de la chambre revint à 30, & celui de la cave à 37.

JUIN.

5, *grand chaud.*	83	45

JUILLET.

Très-grand chaud.

1	92 d.	49 d.
15	73	52

AOUT.

18	89	54
24	68	56

DECEMBRE.

15.	21	32
31	20	28

JANVIER 1677.

4, *Tems serain.*	10	26½
5	5	26
7, *Très-grand froid, 8 lignes plus bas que le I^er. degré.*		25
13	4	24
Dégel 12 jours de suite.		
25	44	29

Le Thermométre est ordinairement stationnaire aux mois de Février & de Septembre dans les caves fort profondes; le plus grand froid est depuis le 15 Janvier jusques au 1. Mars; & le plus grand chaud, depuis le 10. Août jusques au 15. Septembre.

Ces observations, qui ont été faites avec beaucoup d'exactitude, peuvent suffire pour faire connoître les différences du chaud & du froid des lieux souterrains, & à différentes profondeurs, dans toutes les saisons de l'année; & que les caves sont réellement plus chaudes en Eté qu'en Hiver. Mais, parce que la plupart des hommes sont prévenus

 d'u-

Pourquoi les Caves paroissent fraiches en Eté & chaudes en Hiver.

d'une opinion contraire, à cause que les caves paroissent fraiches en Eté, & chaudes & fumantes en Hiver; il est à propos de rendre ici raison de ces apparences.

Il est certain que l'intérieur de la peau est plus chaud & plus sensible que l'extérieur, & par conséquent, si les pores du cuir sont fermés, le froid sera bien moins sensible que lorsqu'ils sont dilatés & ouverts, parce qu'en ce dernier état, l'air froid s'insinuë dans l'intérieur de la peau.

Ceux qui viennent des Païs situés sous la Ligne, commencent à trembler dès qu'ils approchent des côtes de *France*, même aux mois de Juin & de Juillet, & ils sont quelquefois obligés de porter des habits d'Hiver le reste de l'Eté: dont la raison est, qu'ayant demeuré long-tems dans des Pais chauds, les pores de leur peau, qui étoient continuellement ouverts, s'affermissent en cette disposition, & perdent la faculté de se resserrer, & ne la reprennent que peu à peu, & par ce moyen l'air médiocrement chaud les surprend & s'y insinuë; & parce que l'intérieur de ces pores est très-chaud & très-sensible, une médiocre chaleur paroît froide. Or la même chose doit arriver en *France* à ceux qui pendant les grandes chaleurs d'Eté descendent dans des lieux fort profonds où la chaleur est médiocre; car leurs pores étant fort ouverts, l'air médiocrement chaud s'y insinuë à l'abord jusques bien avant, ce qui leur fait souffrir un froid considérable.

On peut expliquer par des raisons contraires la chaleur qui paroît dans les caves lorsqu'il géle bien fort par les ruës. Et à l'égard des vapeurs qui en sortent quelquefois comme des brouillards, il est aisé de juger que rencontrant l'air froid qui est au dessus, elles se condensent, & ne peuvent s'élever que lentement: c'est pourquoi il s'y en amasse beaucoup, & par ce moyen elles deviennent visibles; au lieu qu'en Eté elles se dissipent dès qu'elles sont à l'air chaud; ce qui les rend invisibles, par la même raison qu'il ne paroît qu'un peu de fumée au dessus du bois allumé, & que dès qu'il s'éteint, la fumée paroît très-épaisse, encore qu'en ce moment il n'en sorte pas davantage du bois qu'auparavant.

Remarque sur les raisonnements précédens.

Quoique les raisonnemens ci-dessus ayent été faits dans la supposition que les caves ordinaires ne reçoivent point de chaleur des feux souterrains, on pourroit s'en servir aussi pour prouver des effets à peu près semblables, quand même les caves en recevroient quelque peu de chaleur. Car, lorsque celle du Soleil pénétreroit jusques à 50 piés sous terre, elle augmenteroit celle qui y seroit déja par une autre cause; & quand en Hiver la chaleur produite par le Soleil diminueroit peu à peu, la chaleur entiére diminueroit aussi: & par ce moyen on ne laisseroit pas de trouver dans les Thermométres, de semblables différences à peu près dans les mêmes tems, pourvû que la chaleur que les feux souterrains y communiqueroient, n'excedât pas de beaucoup celle que le Soleil y insinuë peu à peu, & qu'elle ne reçût point d'augmentation & de diminution sensible.

FIN

QUA-

QUATRIÉME ESSAI.

DE LA NATURE DES COULEURS.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

TRAITÉ DE LA NATURE DES COULEURS.

IL est difficile dans nos ſenſations de ne point confondre ce qui vient de la part des objèts, avec ce qui vient de la part de nos ſens. La plupart des hommes n'héſitent point à dire que le ſoleil eſt lumineux, que le feu eſt chaud, que les cordes de luth ont un ſon agréable; & cependant ces choſes n'agiſſent ſur nous que par quelques mouvemens, tout le reſte de leurs apparences vient de nous & nous doit être entiérement attribué. Cette vérité ſe connoît par pluſieurs expériences. Frottez pendant quelque tems le dedans de votre main avec quelque étoffe, vous ſentirez une chaleur entiérement ſemblable à celle que le feu fait ſentir quand on en eſt proche: preſſez avec le doigt un des coins de vos yeux pendant la nuit, vous verrez paroître vers le côté oppoſé comme un rond lumineux. Si on ſe heurte rudement la tête contre un mur, on apperçoit des éclairs & des lumiéres; & ſi on ferme les yeux après avoir regardé le ſoleil, on voit pendant quelque tems une eſpéce de lumiére dont l'éclat s'efface peu-à-peu, prenant ſucceſſivement des couleurs moins vives, comme le rouge, le verd, le bleu & le violet. D'où il s'enſuit, que la lumiére, la chaleur, & la plupart des autres qualitez ſenſibles, ne ſont pas à parler proprement dans les objèts; mais que ces apparences ſont déterminées par les modifications des organes de nos ſens, quelles que ſoient les cauſes de ces modifications. Il ſuit auſſi des mêmes expériences, qu'il eſt impoſſible de dire préciſément d'où vient que les objèts nous font ſentir ce qu'ils nous font ſentir; par exemple, pourquoi la glace nous fait ſentir de la froideur, plutôt que quelqu'autre ſentiment incommode: & la ſeule raiſon que nous pouvons donner dans des queſtions ſemblables, eſt, que les organes de nos ſens ſont naturellement diſpoſez à l'égard des objèts d'une maniére propre à recevoir leurs impreſſions telles que nous les reſſentons.

Ces choſes étant ſupoſées, on voit évidemment qu'il n'eſt pas aiſé de bien parler des Couleurs, c'eſt à dire, de bien expliquer leur nature, & les cauſes particuliéres de leurs diverſitez & de leurs changemens; & que tout ce qu'on peut eſpérer dans un ſujet ſi difficile, c'eſt de donner quelques

quelques régles générales, & d'en tirer des conſéquences qui puiſſent être de quelque utilité dans les arts, & ſatisfaire un peu le déſir naturel que nous avons de rendre raiſon de tout ce qui nous paroît.

Pour ſuivre un ordre en cette matiére, je conſidére de deux ſortes de couleurs: La premiére eſt de celles que la lumiére reçoit, quand elle paſſe par quelque corps tranſparent ſans couleur, comme quand elle paſſe au travers d'un priſme triangulaire de verre ou d'une goute d'eau: La ſeconde eſt de celles qu'on voit ſur les corps illuminez & ſur quelques corps lumineux. C'eſt pourquoi je diviſerai ce Traité en deux parties.

Dans la premiére je parlerai des couleurs de la premiére eſpéce, que quelques-uns apellent apparentes, dont les plus célébres ſont celles de l'Arc-en-ciel & des Parélies.

Dans la ſeconde je tâcherai d'expliquer en quelque façon les cauſes des couleurs qu'on apelle ordinairement fixes ou permanentes, comme ſont celles qui paroiſſent dans la flamme d'une chandelle, dans les plumes des oiſeaux, dans les étoffes, dans les fleurs, &c.

PREMIÉRE PARTIE.

IL eſt impoſſible d'établir aucune ſcience dans les choſes naturelles que par des expériences exactes, & pour ſuivre une bonne méthode il faut commencer par celles qui ſont les plus ſimples, & qui peuvent ſervir de principes & de régles pour expliquer les autres.

Pour faire avec exactitude les expériences néceſſaires pour connoître d'où procédent les couleurs de l'Arc-en-ciel, & toutes les autres de la même eſpéce, il faut avoir une chambre expoſée au ſoleil pendant deux ou trois heures de ſuite: on en fermera les fenêtres, & on y laiſſera ſeulement une ouverture ronde ou quarrée d'environ un pouce de largeur, à laquelle on appliquera une petite lame de cuivre, ou de fer blanc, percée de quatre ou cinq trous ronds inégaux, dont le plus grand doit être de trois ou quatre lignes de diamétre, & le moindre d'environ une demi ligne: on ſe ſervira duquel on voudra ſelon qu'on aura beſoin de plus ou de moins de lumiére, & on prendra garde que leurs bords ne ſoient pas luiſants, de peur qu'ils ne faſſent des refléxions incommodes; pour cét effet on pourra les enduire de quelque teinture noire qui n'ait point d'éclat.

SUPPOSITIONS.

I.

La lumiére du ſoleil paſſant par une ouverture circulaire dans un lieu obſcur, & étant reçuë ſur une ſurface plate expoſée directement au ſoleil & parallelle à l'ouverture; chaque point de cette ouverture eſt le ſommet de deux cones de lumiére oppoſez, & ſemblables, dont l'un a pour baſe le diſque du ſoleil,

& l'autre un cercle dans la ſurface plate ; mais ce cercle eſt moindre que le cercle illuminé qui paroît ſur cette ſurface, & la différence des diamétres de ces cercles eſt toujours égale au diamétre de l'ouverture, quelque diſtance qu'il y ait entre l'ouverture & la ſurface.

EXPLICATION.

TAB. V. Fig. 1. AIB repréſente un diamétre du diſque du ſoleil dont I eſt le centre. CED eſt le diamétre d'une ouverture circulaire par où paſſe la lumiére du ſoleil. EC eſt égale à ED. FLG eſt la ſection d'une ſurface plate oppoſée directement au ſoleil & parallelle à l'ouverture CD. FL eſt égale à LG. IL eſt un rayon du centre du ſoleil ; le rayon AS vient de l'extrémité A ; & le rayon BH vient de l'autre extrémité B : ces trois rayons paſſent par le point E. Le cone de lumiére dont le triangle HES eſt la ſection, ſera ſemblable au cone de lumiére dont le diſque du ſoleil eſt la baſe, & le point E le ſommet ; & ſi l'angle AEB eſt de trente-deux minutes, l'angle HES ſera auſſi de 32 minutes. Le point E eſt pris ici pour une très-petite ouverture par où paſſe la lumiére du ſoleil : & parce que les rayons qui partent d'un même point du ſoleil, ſont ſuppoſez paralléles entre eux à cauſe de ſon grand éloignement ; il paſſera par les points C & D, deux rayons, CR, DG, venant du point A, parallelles à AES ; & deux autres, CF, DK, venant du point B, parallelles à BEH. Les cones de lumiére dont les triangles FCR & GDK ſeront les ſections, ſeront auſſi ſemblables au cone dont AEB eſt la ſection, & toute la lumiére qui paſſera par l'ouverture CD étant reçuë ſur la ſurface plate, aura pour baſe un cercle illuminé dont FG ſera diamétre & le point L le centre : Les points P & *q* où tombent les rayons CP, D*q*, parallelles à IEL, ſeront les centres des cercles qui auront pour diamétres RF, GK. Le cercle intérieur dont RK eſt le diamétre, recevra une lumiére ſenſiblement égale en toutes ſes parties ; mais l'illumination de l'anneau dont FK eſt la largeur, ira toujours en diminuant depuis la circonférence qui paſſe par R & K juſques à celle qui paſſe par G & F, & elle ſera une eſpéce de pénombre à l'égard du cercle intérieur dont RK eſt le diamétre.

Que ſi la même lumiére eſt reçuë en NMO, le point M qui eſt ſuppoſé dans l'interſection des rayons CR, DK, recevra un rayon de chaque point du ſoleil ; le point O ſera illuminé par le ſeul point A ; & le point N, par le ſeul point B : & dans toute la ſection CDONC, il ſe fera trois triangles de lumiére ſemblables, ſavoir CMD, qui aura une lumiére entiére ; & NCM & MDO, qui ſeront des pénombres, dont la lumiére ira toujours en diminuant depuis le point M juſques aux extrémitez N & O. Si on reçoit la même lumiére en V *x y* Q, il y aura une illumination entiére en la partie *x y*, & deux pénombres en V *x* & *y* Q, & toute la ligne VQ ſera le diamétre d'un cercle qui aura dans

dans son milieu un cercle entiérement illuminé, dont *x y* sera le diamétre; le reste de l'illumination depuis les points *x* & *y* ira toujours en diminuant jusques à la circonférence qui passera par les points V & Q.

Il est encore manifeste, qu'à quelque distance que soit la ligne F G, la largeur de l'anneau compris entre les circonférences qui passent par K R & F G sera toujours égale, à cause que le rayon C F est parallelle à D K, & D G à C R. Mais les cercles intérieurs dont les circonférences passent par K & R, augmenteront de grandeur selon la raison doublée des distances depuis le point M: la grandeur du diamétre S H sera à la ligne L E, à peu près comme 1 à 108, si l'angle H E S est de 32 minutes, c'est à dire que, si la distance E S est de neuf piés, H S sera d'environ un pouce; ce qui se calcule facilement par les tables des sinus.

On trouvera la grandeur H S, en ôtant de toute la base illuminée la grandeur de toute l'ouverture C D, savoir F H égale à E C, & G S égale à E D. Il est encore manifeste que la distance E M diminuë & augmente selon la proportion de l'ouverture C D.

Pour connoître ces choses plus précisément, on peut considérer que chaque point de la lumiére qui est entre C D & F G, est le sommet d'un cone qui a pour base cette ouverture; & supposer que ces cones soient prolongez jusques au soleil qui est représenté par chacun des cercles égaux A B C D, *a b c d*, α β γ δ, qui ont pour centre le point E. Cela étant conçu, il est évident que, si le point M de la premiére figure est le sommet de l'un de ces cones, le disque entier du soleil A B C D sera la base du cone prolongé, dont la section est M C D, & que ce point M sera illuminé par toutes les parties de ce disque: les diminutions d'illumination depuis le point M jusques aux points N & O seront connuës, si on divise M N ou M O en plusieurs parties égales, & le diamétre D B de la seconde figure en pareil nombre de parties aussi égales entr'elles; car supposant, par exemple, que les lignes M N de la premiére figure, & D B de la seconde figure, soient divisées également l'une au point T & l'autre au point E, la base du cone prolongé, dont le point T sera le sommet, sera le cercle G E F H passant par le point E, & par conséquent le point T ne sera illuminé que par la partie du soleil G E F D.

TAB. V. Fig. 2. 3. 4.

Tab. V. Fig. 2.

Si on divise la ligne E D de la seconde figure en deux parties égales au point I, & qu'on prenne le milieu de la ligne T N pour le sommet d'un autre cone; la circonférence de la base du cone passera par le point I, & le milieu de la ligne T N ne sera illuminé que par la partie L I *m* D de la seconde figure. On trouvera de la même maniére qu'elle sera l'illumination de tous les autres points de la ligne N M O.

Que si la ligne Q V dans la premiére figure est divisée également au point *u*, & qu'on prenne ce point pour le sommet d'un autre cone; la base de ce cone prolongé sera comme le grand cercle L N M à l'égard du

TAB. V. Fig. 3.

du cercle *a b c d* dans la troisiéme figure, c'est à dire que, si l'angle C *u* D de la premiére est de 64 minutes, le diamétre du cercle L N M sera double du diamétre *d* E *b*. On connoîtra les diminutions d'illumination dans les pénombres *x* V ou *y* Q, si on divise le diamétre *d* E *b* en plusieurs parties égales, & la ligne *x* V en pareil nombre de parties égales entre elles: car le point *x* étant le sommet du cone prolongé, sa base touchera extérieurement le cercle *a b c d* au point *b* comme on le voit dans la figure, & le point *x* sera illuminé par tout le soleil représenté par le cercle *a b c d*; mais le point qui est en égale distance des points *x* & V ne sera illuminé que par la partie *a* E *c d a*: *a* E *c* est un arc du grand cercle, & *a d c* est un arc du petit cercle. L'illumination des autres points des lignes *x* V & *y* Q se trouvera de même.

Enfin la lumiére étant reçuë à la distance E L sur la ligne F L G de la premiére figure, le point L sera le sommet d'un cone de lumiére dont l'ouverture C D sera la base, & la base du cone prolongé sera à l'égard du cercle α β γ δ qui représente le soleil en la quatriéme figure, comme le petit cercle P R Q, qui lui est concentrique, est à ce cercle; & par conséquent le point L ne sera illuminé que par cette partie du Soleil.

TAB. V. Fig. 4.

Pour connoître la proportion de ces cercles dans les différentes distances, on remarquera que l'angle E M D dans la premiére figure étant de 16 minutes, l'angle D *b* E sera de 8 minutes, si la ligne M *b* est égale à la ligne D M, parce que l'angle extérieur E M D sera égal aux deux intérieurs M *b* D, M D *b*. Par les mêmes raisons, si la ligne *b* L est égale à la ligne ponctuée D *b*, l'angle E L D ne sera que de quatre minutes, & alors le petit cercle P R Q, par lequel le point L sera illuminé, ne sera que la 16ᵉ. partie du cercle α β γ δ, parce que son diamétre ne sera que de 8 minutes, qui est le quart de 32: d'où il s'ensuit que le point M sera 16 fois plus illuminé que le point L. Mais, parce qu'en ces grandes distances la ligne L D est sensiblement égale à la ligne L E, à cause de la petitesse des angles, je considére ici ces lignes comme égales pour la facilité du calcul, & je supppose que ces différentes illuminations sont l'une à l'autre en raison doublée réciproque des distances, c'est à dire, que, si la ligne E L est quadruple de la ligne E M, le point L sera 16 fois moins illuminé que le point M, & ainsi dans les autres distances à proportion: je suppose aussi que le point K est autant illuminé que le point L; car encore que le cone de lumiére qui aboutit au point L soit droit, & que celui qui aboutit au point K soit oblique, ayant pour base le petit cercle ω ϐ δ qui touche au point δ le disque du soleil représenté par le cercle α β γ δ, cette obliquité est trop petite pour faire une différence considérable dans les illuminations. On pourra connoître les diminutions d'illumination dans la pénombre K F par les intersections du cercle α β γ δ & du petit cercle P R Q dans la 4ᵉ. figure, de la même maniére que dans la deu-

deuxiéme & dans la troisiéme figure: Ainsi le point H ne sera illuminé que par la partie λ ν η δ λ, parce que la base P R Q du cone prolongé aura alors son centre au point δ du grand cercle α β γ δ.

On appellera toute la lumiére qui passera par l'ouverture C D, un rayon solide de lumiére, à quelque distance qu'elle s'étende; mais le rayon qui d'un seul point lumineux passe par un seul point comme E, s'appellera un rayon de lumiére ou une ligne de lumiére. La figure marquée 1 2 3 représente à peu près le véritable écart des parties extrémes d'un rayon solide du soleil qui a passé par une ouverture *a e c* de deux lignes: si la distance *e d* est de 18 pouces, *d* sera le point où se rencontreront les lignes *a a*, *c c*, & représentera le point M de la premiére figure; & la ligne *c a d c a*, qui est le diamétre du cercle illuminé, & qui représente ligne F G, sera de quatre lignes.

Le Pére *Grimaldi*, dans un livre où il traite de la lumiére & des couleurs, soutient, que les rayons du Soleil passant par un petit trou ne gardent pas une rectitude exacte, mais qu'ils souffrent une refraction qu'il appelle diffraction; & pour le prouver, il raporte une expérience qu'il dit avoir faite avec un petit corps opaque mis à une certaine distance entre la petite ouverture & la surface platte qui reçoit la base du cone de lumiére, dans laquelle expérience il dit que l'ombre entiére & les pénombres causées par ce corps opaque, étoient beaucoup plus grandes qu'elles n'eussent dû être si les rayons s'étendoient en lignes droites; il dit aussi qu'il y avoit des couleurs semblables à celles de l'Arc-en-ciel au delà des pénombres; mais dans toutes les expériences que j'ai faites avec plusieurs personnes fort exactes, on n'a jamais rien apperçû de semblable. Pour éclaircir ces difficultez, on pourra considérer la cinquiéme figure & l'appliquer aux expériences qu'on fera sur ce sujet. TAB. V. Fig. 5.
C D est une ouverture de deux lignes: la ligne A B représente le Diamétre du Soleil: les lignes D K, C F, sont des rayons qui viennent de l'extrémité du diamétre marquée A; C R, D G, sont des rayons de l'autre extrémité B; ces rayons sont pris pour parallelles à cause du grand éloignement du soleil, comme il a été expliqué dans la premiére figure: je suppose que le petit corps opaque H I P est de 4 lignes de diamétre, & qu'il est au milieu de la distance depuis l'ouverture C D jusques à la ligne F G, qui est le diamétre du cercle illuminé par la lumiére du Soleil qui passe par l'ouverture C D: F G est divisée également en L, & C D en E: E I L est une ligne droite qui représente un rayon qui vient du centre du soleil: & parce que C D est de deux lignes de largeur, le rayon qui du point E passera par H & tombera en M, fera L M de quatre lignes, puis que E L est double de I L; & C H continuée tombant au point N, fera M N d'une ligne, à cause que le point H sera le sommet de deux triangles semblables & égaux E H C & M H N. Par les mêmes raisons, le rayon D H tombant en O, fera M O d'une ligne; mais ce rayon D H O ne viendra pas de l'extrémité du soleil A, mais de quelque autre point

comme T; & le point O sera illuminé de la même maniére que si le corps opaque H P étoit ôté: la ligne L N qui sera la moitié de l'ombre entiére, aura trois lignes de largeur, & la pénombre N O sera de deux lignes: le rayon D K parallelle à C F, fera F K de deux lignes pour la largeur d'une autre pénombre dont K sera l'extrémité la moins obscure, & entre K & O la lumiére sera sensiblement égale dans tous les points, comme il a été expliqué dans la premiére figure, & de même que si le corps opaque étoit ôté. La même chose arrivera de l'autre part du point L, & l'ombre entiére du corps opaque H P sera de six lignes, la largeur de l'anneau de la pénombre de cette ombre entiére sera de deux lignes, mais on aura de la peine à discerner ses extrémitez. Que si on met le corps opaque plus près de la surface F G, il est manifeste que les distances L N, N O, deviendront moindres, & que lors qu'on l'approchera de l'ouverture C D, elles deviendront plus grandes, & qu'enfin le point O pourra tomber entre K & F, & en ce cas les points K & O seront beaucoup moins illuminez que dans la premiére position de ce corps opaque. On pourra faire un calcul semblable au calcul ci-devant, pour trouver ces grandeurs & ces illuminations; & quand on fera les expériences bien justes, on les trouvera toujours conformes à l'hypothèse de la rectitude des rayons & sans aucune diffraction, comme je les ai trouvées par plusieurs observations exactement faites avec des personnes fort intelligentes.

II. SUPPOSITION.

Un rayon passant d'un corps transparent dans un autre de différente transparence, comme de l'air dans l'eau ou de l'eau dans l'air, refléchit une partie de sa lumiére, faisant l'angle de la refléxion égal à celui de l'incidence: & ce même rayon diminué de lumiére continuë à s'étendre selon la même ligne droite, si l'incidence est perpendiculaire; mais si elle est oblique, il fait une infléxion ou courbure que les Opticiens appellent ordinairement refraction. La refléxion & la refraction se font en un même point de la surface commune aux deux corps transparens.

III. SUPPOSITION.

Les rayons qui passent obliquement d'un corps transparent rare comme l'air, dans un autre plus dense comme l'eau ou l'esprit de vin ou le verre, font leurs refractions du côté de la perpendiculaire qui passe par le point d'incidence; & ceux qui passent obliquement de ces corps transparents, dans l'air, font leurs refractions en s'éloignant de la même perpendiculaire; mais si l'incidence est trop oblique, ces rayons se refléchiront entiérement & ne passeront point dans l'air.

EXPLI-

EXPLICATION.

ABC est un rayon de lumiére, passant par le milieu d'une petite ouverture, & tombant obliquement sur la section D C E d'une surface d'eau: FCG est la perpendiculaire qui passe par le point d'incidence C: ce rayon diminué de lumiére par la refléxion C N, au lieu de continuer selon la ligne droite B C H, se détourne par la rencontre de l'eau, & fait la refraction B C I telle, que les lignes B D, F C G, étant perpendiculaires à la ligne DCE, le rayon s'avancera dans l'air à l'égard de la surface de l'eau de la longueur de la ligne G I parallelle à DCE & égale aux trois quarts de DC, ou BF, pendant qu'il parcourra les lignes égales BC, CI; mais si DCE est la section d'une surface de verre, la ligne GI sera seulement les deux tiers de BF, & réciproquement si IC est un rayon qui par refléxion ou autrement tombe sur DCE, il se rompra en passant dans l'air, selon la même ligne CB. Les Géométres appellent ces lignes BF, GI, les sinus des angles B C F, GCI, & l'expérience fait voir à peu près, que quelque angle que le rayon d'incidence fasse avec la perpendiculaire FCG, son sinus sera au sinus de l'angle que le rayon rompu fait avec la même perpendiculaire, comme 4 est à 3, si la lumiére passe de l'air dans l'eau; mais si elle passe de l'air dans du verre, ces sinus seront entre eux comme 3 à 2: & quoiqu'on ne puisse faire ces observations dans la derniére précision, on suppose ici cette régle à la rigueur, pour faciliter les calculs des refractions. On trouvera suivant cette régle, par le moyen des tables de sinus, que si l'angle B C F est de 90 degrez moins une seconde ou une tierce, en sorte que le rayon ABC rase à fort peu près la surface de l'eau DCE, l'angle I C G qu'on appellera l'angle diminué, parce qu'il est moindre que l'angle d'incidence BCF, sera de 48^d, 35′ à fort peu près: & par conséquent, que l'angle ECI sera de 41^d 25′, & que dans le verre l'angle G C I sera de 41^d 48′ à peu près, & l'angle E C I de 48^d 12′; d'où l'on connoîtra que, si I C est un rayon d'incidence faisant avec la ligne ECD un angle de 41^d 25′ dans l'eau, & de 48^d 12′ dans le verre, il rasera en passant dans l'air la ligne D C, & que si ces angles sont de 41^d 24′ pour l'eau & de 48^d 11′ pour le verre, les rayons ne passeront point dans l'air, mais ils se refléchiront entiérement. Il est bon de remarquer ici que lors que les angles ICG sont fort obliques, les rayons rompus s'écartent beaucoup plus les uns des autres que les rayons d'incidence. Soit, par exemple, l'angle d'incidence ICG de 41^d 11′ dans le verre, on trouvera dans les tables des sinus, que le sinus de cet angle est 65847, dont la moitié est 32923½, qu'il faut ajouter à ce sinus pour avoir l'angle augmenté; la somme sera 98770½, qui est le sinus de 81^d 1′ à peu près, pour l'angle BCF, & l'angle restant BCD sera de 8^d 59′ à peu près: mais, si on ajoute à l'angle ICG, l'angle L C I de 32″,

TAB. VI. Fig. 6.

 l'angle

l'angle L C G fera de $41^d\ 43'$, dont le finus eft 66544 ; fa motié eft 33272 ; leur fomme 99816, finus de l'angle augmenté F C M de $86^d\ 31'\ 30''$; & l'angle reftant M C D fera de trois degrez $28'\ 30''$: donc l'angle B C M fera de 5^d, $30'$, $30''$, lequel par conféquent fera plus de dix fois plus grand que l'angle L C I.

On peut remarquer auffi, qu'encore que l'huile & l'efprit de vin foient des liqueurs plus legéres que l'eau, la refraction ne laiffe pas d'y être plus grande, & qu'elle approche de celle qui fe fait dans le verre. On en fera aifément l'expérience par le moyen d'une petite phiole bien ronde, TAB. VI., Fig. 7. repréfentée par A B C D dans la figure feptiéme. On l'emplit fucceffivement d'efprit de vin & d'eau, & on fait tomber deffus, un très-petit rayon folide F *s* parallelle au diamétre A B, en forte que fi C D eft un autre diamétre & A C un quart de cercle, le point *s* foit très-près de C: car on verra quand la phiole fera pleine d'eau, que le rayon fe rompra comme en I, fe refléchira en K, puis en L, & en M, fi ces quatre foutendantes *s* I, I K, K L, L M, font égales entr'elles ; mais fi la phiole eft pleine d'efprit de vin, le même rayon F *s* fe rompra au delà du diamétre A B comme en E, & fe refléchira en G, puis en H, fort près du point M ; ce qui fera voir manifeftement, que la refraction des rayons eft plus grande dans l'efprit de vin que dans l'eau. On pourra par la même méthode obferver les refractions des rayons dans les autres liqueurs inflammables, & même dans les eaux fortes, comme l'huile de Vitriol, l'efprit de falpêtre &c.

IV. SUPPOSITION.

Les rayons qui d'un même point lumineux dans une diftance convenable paffent par l'ouverture de l'Uvée d'un œil bien difpofé, fe réüniffent au fond de l'œil, en un point de la furface concave de la membrane appellée Choroïde, & ce point lumineux paroît toujours & eft vû dans la ligne perpendiculaire à celle qui touche la choroïde en ce point de réünion ; mais fi la diftance eft trop petite ou trop grande, les rayons d'un même point ne fe réüniffent pas en un même point, & on voit l'objet confufément.

EXPLICATION.

A dans la figure 8e. eft un point lumineux. *c d* P H V *e* eft la fection de la Choroïde, qu'on fuppofe être le véritable organe de la vifion & non la rétine, pour plufieurs raifons ; dont la principale eft, qu'il ne fe fait point de vifion fur la bafe du nerf optique, quoique la rétine y foit étenduë & difpofée comme aux autres endroits dans le fond de l'œil, & que le défaut de vifion fe fait précifément dans l'étenduë de cette bafe, que la choroïde ne couvre point. G eft la fection du Criftallin. *c d* eft l'ouverture qu'on appelle ordinairement la prunelle ; elle eft entre la Cornée

Cornée & le Criſtallin ; mais on n'a pas repréſenté la Cornée dans la figure, ni les refractions qui s'y font, ni même celles qui ſe font dans le Criſtallin, pour éviter la multiplicité des lignes. A *d*, A *c*, A *e*, ſont trois rayons du point A, l'un deſquels, ſavoir A *c*, eſt ſuppoſé être dans l'axe de la vuë A *c* H, c'eſt à dire dans la ligne qui paſſe par le milieu de la Cornée & du criſtallin ; ces trois rayons après avoir traverſé la Cornée paſſent par la prunelle de l'œil & enſuite par le Criſtallin G, & ſe réüniſſent au poit H ſur la choroïde. *f* H *f* touche la Choroïde au point H, & la ligne H A lui eſt perpendiculaire ; le point A ſera vû dans cette ligne, & s'il n'y a quelque point lumineux vers D, & que ſes rayons ſe réüniſſent au point *r*, on verra ce point lumineux dans la ligne *r x* D, ſi elle eſt perpendiculaire à la ligne S *r* T qui touche la choroïde au point *r*.

Pour rendre l'explication plus facile, on ſuppoſe ici que la concavité de cette membrane eſt ſphérique dans l'eſpace V O H P *r*, ſoit qu'elle le ſoit préciſément ou à peu près ; & que le point *x* eſt le centre de cette concavité : & par conſéquent toutes les lignes dans leſquelles on voit les points lumineux, paſſent par ce point *x*. Suivant cette ſuppoſition, la ligne viſuelle *r* D paſſe par le point *x*, la ligne H *c* A dans laquelle on voit le point A, paſſera auſſi par le même point *x*, que j'appelle le centre de la vûë : cela étant, il eſt manifeſte que, ſi la diſtance du point lumineux eſt trop petite & qu'il ſoit au point K, alors les rayons K *e*, K *c*, K *d*, tomberont en différens endroits de la choroïde comme aux points O, H, P, & ne ſe réüniront point en H, à cauſe de leur trop grande divergence ou écart, & alors le point K ſera vû ſelon les lignes viſuelles O *x* M, H *x* K, P *x* N, quoiqu'il ne ſoit qu'en la ligne H *x* K ; les autres rayons de ce point le feront encore voir dans d'autres lignes viſuelles, d'où il s'enſuit qu'il ne ſera point vû diſtinctement.

Cette quatriéme Suppoſition ſe prouve par pluſieurs expériences. Ayez un petit papier *q* R percé d'un petit trou, mettez une petite épingle au devant, de maniére que la tête de l'épingle ſoit comme au point K dans la ligne H *x* K, où ſoit auſſi le trou du papier ; alors le rayon K *c* H tombant en H, fera voir la tête de l'épingle dans la ligne viſuelle H *x c* K : que ſi on baiſſe un peu le papier pour faire paſſer le petit rayon K *e* par le même trou, ce rayon ayant traverſé le Criſtallin ſe rompra comme en O, plus bas que le point H ; & alors la tête de l'épingle paroitra plus haut que le point K, comme en M, dans la ligne viſuelle O *x* M : que ſi le trou eſt mis plus haut pour y faire paſſer le rayon K *d*, le rayon ſe rompra plus haut que le point H, comme en P ; & la tête de l'épingle ſera vûë plus bas que le point K, comme en N, dans la ligne P *x* N : que ſi on fait trois petits trous dans le papier, en ſorte que le petit cercle qui paſſe par leurs centres ſoit moindre que l'ouverture de la prunelle, alors ſi on met l'œil près de ces trous, & que la tête de l'épingle demeure en K, elle paroîtra en trois endroits ; ce

qui fait connoître évidemment que les rayons qui de cet objet passent par ces trous tombent sur divers points de la Choroïde, & qu'il y a trois lignes, dans chacune desquelles on voit la tête de l'épingle. On pourra remarquer aussi, que si on éloigne peu à peu l'épingle le long de la ligne K A, ces trois apparences paroîtront s'approcher peu à peu l'une de l'autre, & enfin on trouvera une distance où il n'en paroitra plus qu'une; ce qui arrivera lors que plusieurs rayons d'un même point se réüniront au point H. Mettez encore la même tête d'épingle, ou quelqu'autre petit objet opaque moindre en largeur que la prunelle, dans la ligne A C, à trois ou quatre lignes de distance de l'œil, & un autre très-petit objet fort clair en A, il est évident que le petit corps opaque empêchera la plupart des rayons de l'objet A de passer dans l'œil, & qu'il n'y aura que ceux qui tomberont vers les extrémitez de la prunelle, comme A *e*, A *d*, qui y passeront; & cependant on ne laissera pas de voir le milieu de cet objet dans la ligne visuelle H *x* A, quoiqu'elle passe par le milieu du petit corps opaque, ce qui ne peut procéder que de ce que tous les rayons qui passent près de l'extrémité de la prunelle, se réünissent au point H, la distance A C étant convenable: d'où l'on peut juger facilement, qu'il suffit que le point H soit touché sensiblement par la réünion de quelques rayons obliques, pour faire paroître le point objectif A dans la ligne H *x* A. C'est par la même cause que, lors que dans un lieu fort obscur on léve l'œil en haut, & qu'on le frotte un peu rudement vers le bas, on voit paroître un éclat de lumiére du côté du front, & que si on le frotte vers un des coins, on voit paroître une autre lumiére vers le coin opposé.

Par toutes ces expériences on peut être convaincu, qu'un point de la Choroïde étant touché sensiblement doit faire paroître quelque lumiére ou quelque couleur dans la ligne visuelle tirée de ce point par le centre de la vuë. Par là on peut connoître d'où vient qu'on voit les objèts dans leurs véritables situations, quoique leurs images soient renversées dans le fond de l'œil: car, par exemple, si le point A est le haut d'un arbre & le point D le dessous, son image sera comme en H *r* sur la choroïde, & par conséquent en une situation renversée; mais le point D paroissant dans la ligne *r x* D au dehors de l'œil, & le point A dans la ligne H *x* A, ce point A sera vû nécessairement plus haut que le point D, & par ce moyen l'arbre paroîtra dans sa véritable situation. On peut aussi juger qu'un objet médiocrement éloigné comme A, doit paroître dans l'endroit où il est, quand on le regarde avec les deux yeux: Car chaque œil dirige son axe vers un point de cet objet, & par ce moyen les rayons qui passent dans l'œil se réünissent dans le point de la Choroïde où aboutit cet axe, savoir au point H; & par conséquent l'un des yeux le verra dans son axe H *c*; & par la même raison l'autre œil le verra dans son propre axe: d'où il s'ensuit qu'il sera vû au point de l'intersection de leurs deux axes, qui est celui où il est.

Il

Il eſt bon de remarquer ici, que lors qu'on regarde avec les deux yeux un objet médiocrement éloigné, on juge aſſez bien & à peu près à quelle diſtance il eſt, & enſuite quelle eſt ſa grandeur: mais avec un ſeul œil, on n'en juge pas ſi bien; d'où vient que de diverſes perſonnes qui regardent une Planéte par une même lunette d'approche, ceux qui jugent cette Planéte fort proche de l'oculaire, la jugent fort petite, & ceux qui la jugent bien loin au delà de l'objectif, la jugent fort grande. La même choſe arrive à ceux qui ſe regardent d'aſſez près dans un grand miroir concave: car, s'ils ferment un œil, leur viſage leur paroît médiocrement grand, à cauſe qu'ils le jugent dans la ſurface du miroir; & s'ils le regardent avec les deux yeux, il leur paroît beaucoup plus grand, parce qu'il paroît alors bien avant dans le miroir. La Lune paroît beaucoup plus grande, quand elle eſt au bord de l'horizon, que quand elle eſt fort élevée; parce que les objèts qu'on voit diſtinctement proche du lieu où elle ſe léve, comme des maiſons ou des arbres, dont les grandeurs ſont connuës à peu près & qui paroiſſent moins éloignées qu'elle, la font juger fort éloignée, & par conſéquent fort grande en la comparant à ces objèts: c'eſt par la même raiſon que ſi un objet dont la grandeur n'eſt pas connuë, eſt imaginé à une petite diſtance, il paroîtra petit, & s'il eſt imaginé à une grande diſtance, il paroîtra grand.

PREMIÉRES EXPÉRIENCES POUR LES COULEURS CAUSÉES PAR LA REFRACTION.

AYez un vaiſſeau large d'environ un pié, comme A B C D; mettez y de l'eau fort claire & nette, dont la ſurface ſupérieure G F H I ſoit 4 ou 5 pouces plus haute que le fond B C; faites y tomber fort obliquement un rayon ſolide E F G H, par un trou de quatre lignes TAB. VI. de diamétre, qui ſoit aſſez près de la ſurface de l'eau: Vous verrez pre- Fig. 9. miérement, que ce rayon refléchira une partie de ſa lumiére vers O P, faiſant l'angle O F I égal à l'angle E F G, ſelon la deuxiéme Suppoſition; & qu'étant reçû en O P, ſur du papier blanc, ſa lumiére ſera blanche & ſans aucune couleur: Vous remarquerez enſuite, que le même rayon E F G H, diminué de lumiére entrant dans l'eau ſe courbera ainſi qu'il a été expliqué dans la 2ᵉ. & la 3ᵉ. Suppoſition; & qu'étant reçû au fond de l'eau ſur une ſurface blanche en N L M K, ſa lumiére ſera de diverſes couleurs, ſavoir d'un rouge jaunâtre vers K M, dans le dehors de la courbure, & d'un bleu foible vers N L, dans l'autre extrémité du rayon, & que l'eſpace du milieu entre L & M, paroîtra blanc. J'appelle ici l'extrémité courbe G H K la convéxité de la courbure du rayon ſolide, & l'autre extrémité E F N, ſa concavité. Il faut entendre dans cette figure & dans les ſuivantes, que le rayon F N vient de la partie ſupérieure du Soleil, & que le rayon H K vient de la partie in-

inférieure, comme il a été expliqué dans la premiére Supposition.

Ayez encore un prisme de verre, dont la base soit semblable au triangle A B C, ayant l'angle B A C de 40 degrez, afin que recevant directement sur la surface représentée par A B, le même rayon solide E F G H, qu'on suppose ici de six lignes de largeur, il passe sans se rompre jusques en I D, & qu'il puisse repasser dans l'air: ce qui arrivera suivant la 3^e. Supposition; car l'angle I F A étant droit, l'angle A I F sera de 50^d, & par conséquent ce rayon passera dans l'air en se rompant du côté de l'angle C, comme en I L D O, & l'angle C D O sera à peu près de 15 degrez. Or, si on reçoit ce rayon sur du papier blanc parallelle à la surface représentée par A B, on observera. 1°. Si le papier est à 7 ou 8 pouces de distance de la ligne I D, on verra du rouge entre L & M, du jaune entre M & K, l'espace K S paroîtra blanc, S N bleu, & N O violet. 2°. La même lumiére étant reçuë à environ trois piés de distance, le violet & le jaune auront plus d'étenduë que le rouge & le bleu, & toute la lumiére reçuë sur le papier sera d'une figure ovale, comme la petite figure *a b*, où sont représentez à peu près les intervalles des couleurs; *a e f* est le rouge, *e d* le jaune, *c b* la pure lumiére blanche, *g l* le bleu, & *i l b* le violet; on appellera la ligne *a b*, le diamétre selon l'ordre des couleurs. 3°. A une petite distance au dessous de quatre pouces il ne paroîtra point de rouge ni de violet, mais seulement du jaune du côté du point I, & du bleu vers l'autre extrémité de la lumiére; on ne voit aussi ni rouge ni violet au fond de l'eau dans l'expérience de la 9^e. figure, où ce fond n'est éloigné de la surface supérieure, que de 4 ou 5 pouces; & dans toutes les petites distances au dessous de deux pouces, la lumiére reçuë sur le papier paroît toute blanche, ou presque toute blanche. 4°. On pourra remarquer qu'à une distance d'environ 4 piés il ne paroît plus de blanc, mais du rouge, du jaune, du bleu & du violet; & même dans une distance de 10 ou 12 piés, le jaune & le bleu s'avancent l'un sur l'autre, & font du verd par leur mélange: les Peintres & les Teinturiers font aussi du verd en mélant du bleu avec du jaune, & si on regarde une fleur jaune à une lumiére bleuë comme celle du souphre où de l'esprit de vin, cette fleur paroîtra verte. 5°. Si on met un corps opaque comme *p q*, à cinq ou six pouces de distance du prisme, & qu'on l'avance successivement pour intercepter une partie du rayon solide; quand on commencera du côté du rayon I L qui est dans la convéxité de la courbure, on verra toujours du rouge & du jaune vers l'extrémité de l'ombre du corps opaque, si elle est reçuë à deux ou trois piés de distance, quand même on l'avanceroit jusques au rayon D S; & quand on le poussera de D O vers I L, on verra toujours du violet & du bleu proche l'extrémité de son ombre, jusques au delà de I K. 6°. Au lieu que le prisme étant ôté, il paroît dans toutes les distances une lumiére toute ronde sur le papier, lors qu'on l'expose directement au rayon solide; on verra que le même rayon ayant traversé le prisme, le diamétre selon l'ordre des couleurs

TAB. VI. Fig. 10.

ne

ne conservera pas sa grandeur proportionelle aux distances, mais qu'étant reçu à 3 ou 4 pouces de distance ce diamétre sera plus petit d'environ un tiers que celui qui le coupe à angles droits; & qu'en éloignant peu à peu le papier, ce diamétre selon l'ordre des couleurs s'agrandira peu à peu, de maniére qu'à une distance d'environ un pié, la lumiére paroitra ronde, & à une distance de 7 ou 8 piés ce même diamétre deviendra quatre ou cinq fois plus grand que l'autre; & si on tourne le prisme en sorte que le rayon rompu D O rase la ligne D C, ce diamétre selon l'ordre des couleurs paroitra à un pouce ou deux de distance, trois fois plus petit que l'autre, & huit ou dix fois glus grand, à 10 ou 12 piés de distance. 7°. Si vous faites tomber un rayon de trois ou quatre lignes de largeur, perpendiculairement sur la surface B C, il passera sans se rompre sur A B, d'où il se refléchira entiérement sur A C, par la troisiéme Supposition, parce que l'angle qu'il fera avec la ligne A B, sera moindre que 41^{d}, $25'$, & repassant dans l'air au delà de la ligne A C, il fera une refraction très-petite : alors, si on le reçoit sur du papier blanc à telle distance médiocre qu'on voudra, comme de 10 ou 20 piés; sa lumiére ne paroitra colorée que d'un peu de jaune d'un côté, & d'un peu de bleu de l'autre. Si l'angle B A C n'étoit que de 6 ou 7 degrez, la refraction seroit très-petite, & le rayon rompu I L D O n'auroit aussi que du jaune du côté de la convéxité, & du bleu de l'autre côté, à telle distance qu'on pût le recevoir.

REMARQUE.

On a représenté, dans cette figure & dans les précédentes, l'écart des rayons rompus plus grand qu'il ne doit être; & dans la plupart des autres figures, on n'observe pas la proportion des intervalles, parce que quelques-uns seroient trop petits pour être distinguez, & quelques autres trop grands pour être mis sur le papier. Et quand on dit qu'un rayon solide tombe directement sur une surface, on considére tout le rayon comme s'il venoit du centre du Soleil: car les rayons des parties éloignées du centre souffrent un peu de refraction; mais comme elle est insensible, on ne la considére point dans la plupart des figures, pour éviter la multiplicité des lignes.

On peut faire les mêmes expériences que celles de la figure 10e., avec un petit vaisseau plein d'eau tel qu'il est représenté en la 11e. figure. TAB. VI. A B D E est une petite lame de fer blanc ou de cuivre, d'un pouce & Fig. 11. demi de largeur & de trois pouces de longueur, où sont appliquez à angles droits deux triangles, A B G, E D C, de la même matiére. A E C G, B D C G, sont deux petites glaces de verre, bien polies, collées avec quelque mastic sur la lame E B, & sur les deux triangles, enforte que l'eau n'y puisse passer. On emplira le vaisseau d'eau claire, par une petite ouverture qui doit être au haut des deux glaces entre C & G, & on le tournera en sorte que le rayon solide F I H K soit pa-

 rallelle

rallelle au plan A D. L'angle A B G doit être de 42 ou de 43 degrez, afin que le rayon folide paffant au travers de l'eau jufques au verre C B, fans fouffrir de refraction fenfible, il puiffe repaffer dans l'air en L M N O, avec une grande courbure. Recevez ce rayon fur du papier blanc à 8 ou 10 pouces de diftance, & vous verrez du rouge entre M & *p*, & du violet entre *q* & O : les autres couleurs paroitront de la même maniére à peu près qu'on les remarque par le moyen du prifme de la figure 10.

On voit manifeftement par ces expériences, qu'on ne peut attribuer ces couleurs différentes, qu'aux modifications différentes que les refractions donnent à la lumiére dans les courbures qu'elle reçoit en paffant à travers l'eau & les autres corps tranfparens : car la refléxion de la lumiére fur une furface très-polie ne produit point de couleurs, comme on le peut voir dans la lumiére P O de la 9ᵉ. figure ; & fi par la refléxion d'un miroir d'acier très-poli on fait tomber perpendiculairement un rayon folide du Soleil fur une furface d'eau horizontale, il ne s'y fera point de refraction fenfible, & il ne paroitra auffi que de la blancheur vers le fond de l'eau dans les extrémitez de cette lumiére.

Quelques-uns croyent que les couleurs différentes que les prifmes font paroître, procédent de ce qu'il y a moins d'épaiffeur de verre à traverfer vers A que vers B dans la 10ᵉ. figure, & que le rouge fe fait du côté de l'angle A, & le violet du côté de l'angle B où le verre eft plus épais ; mais l'eau de la figure 9ᵉ. eft d'égale épaiffeur par tout, & il ne laiffe pas de s'y faire des couleurs. D'ailleurs, il eft aifé de juger que la partie de la lumiére qui eft dans l'extrémité I L de la 10ᵉ. figure, doit être modifiée d'une autre maniére, que celle qui eft dans l'extrémité D O, parce que la lumiére peut fe mouvoir plus facilement du côté de la convéxité F I L, où elle eft plus au large que du côté de la concavité H D O, où elle eft plus à l'étroit : & on ne peut douter que les modifications différentes ne faffent des impreffions différentes fur les organes de la vifion, ni que ces impreffions quelles qu'elles puiffent être, ne foient auffi très-différentes de celles que produit la lumiére directe, quoiqu'on ne connoiffe point toutes ces impreffions, ni quel rapport elles ont aux couleurs qu'elles font paroître.

On peut donc tenir pour certain, que le rouge & le jaune paroiffent toujours vers les éxtrémitez des convéxitez des courbures, & le bleu & le violet vers les extrémitez des concavitez, foit que le rayon fe rompe de l'air dans l'eau, ou dans le verre ; foit qu'il fe rompe du verre, ou de l'eau, dans l'air.

SECONDES EXPERIENCES.

TAB. VI. Fig. 12. Ayez un morceau de verre affez épais A B C D, tel que les furfaces plates A D, B C, foient parallelles ; faites qu'un rayon folide E F G H paffant par une ouverture de deux lignes tombe deffus obliquement : vous

vous verrez qu'il se rompra en entrant dans le verre, selon la 3^e^. Supposition, faisant une courbure E F I G H L; & que repassant dans l'air au dessous de B C, il se redressera, faisant une seconde courbure F I M H L N, égale à la première, mais en un autre sens. Or les parties de la lumière auront changé de situation : car l'extrémité F I, qui étoit dans la concavité de la première courbure, sera dans la convéxité en I M; & H L, qui étoit dans la convéxité G H L, sera dans la concavité en L N : alors si vous recevez cette lumière en M N, à sept ou huit pouces de distance, ou à quelque autre plus grande, il n'y paroitra que de la blancheur.

R E M A R Q U E.

Pour éviter l'obscurité, on n'a pas représenté en cette figure les rayons des diverses parties du Soleil, ni leurs refractions au juste : & lors que dans la suite on dira que les secondes refractions sont contraires aux premières, ou que les parties extrêmes de la lumière auront changé de situation dans les secondes refractions; on doit entendre que celles qui étoient dans la convéxité de la première courbure seront dans la concavité de la seconde, & que celles qui étoient dans la concavité de la première, seront dans la convéxité de la seconde.

Ayez aussi un vaisseau de sept à huit pouces de largeur, au fond duquel vous mettrez du vif argent de la hauteur d'un pouce, ou de deux; versez y doucement de l'eau nette & claire, jusques à cinq ou six pouces de hauteur. La surface supérieure du vif-argent est représentée par la ligne B C de la 12^e^. figure, & celle de l'eau par la ligne A D; ces deux surfaces seront parallelles, puis que l'une & l'autre se mettront de niveau. Faites y tomber un rayon oblique E F G H : il se rompra comme en I L, faisant un jaune rougeâtre en L, & du bleu en I; & la surface du vif-argent étant très-nette, servira de miroir pour le faire refléchir en O P, faisant l'angle I O F égal à l'angle I F O; & par conséquent le 2. rayon rompu O P *q* R aura sa courbure I O *q* égale à la courbure I F E par la troisiéme Supposition, & les parties de la lumière auront changé de situation, comme on le voit en la figure. TAB. VI. Fig. 12.

Recevez cette lumière en *q* R à sept ou huit pouces de distance, & tant loin au delà que vous voudrez, il n'y paroitra que de la blancheur, non plus que dans le rayon F S H T refléchi sur la surface A D, & les lumières de ces rayons étant reçuës sur une même surface représentée par la ligne S T Q R, y feront leurs bases semblables; mais celle du rayon rompu sera un peu plus grande, suivant la proportion de la somme des lignes E F, F S, à la somme des lignes E F, F I, I O, O *q*.

Pour bien faire cette expérience, il faut suspendre le vaisseau où est le vif-argent; car autrement le moindre mouvement feroit rider sa surface B C, & faire des refléxions ondoyantes à la lumière, laquelle par

ce moyen prendroit plusieurs différentes figures.

Si on reçoit le rayon O P *q* R, tout près de l'eau, on pourra remarquer un peu de jaune proche le point P & un peu de bleu vers O, parce que les rayons extrêmes ont encore à la sortie de l'eau un peu de la couleur qu'ils avoient dans l'eau, entre I L & O P; mais la 2ᵉ. refraction efface ces couleurs à une médiocre distance, & redonne au rayon les mêmes dispositions à l'égard de la couleur & de la figure qu'il eût euës, s'il n'eût souffert aucune refraction.

Que si au lieu du vif-argent vous mettez un petit miroir plat de métail au fond de l'eau, vous pourrez le tourner en diverses situations, pour faire augmenter ou diminuer l'angle L P A, & vous remarquerez. 1°. Si cét angle est plus grand que l'angle L H D, comme il arrivera si le rayon se refléchit en V Q entre les points H & O & qu'il se rompe en V *y* Q *x*; la 2ᵉ. courbure sera moindre que la premiére, & les parties extrêmes de la lumiére auront changé de situation: alors les mêmes couleurs ne laisseront pas de paroître dans les mêmes parties, savoir un jaune rougeâtre en *x* & du bleu en *y*. 2°. Si vous faites tomber par refléxion le même rayon F L en *h m*, entre A & F, en sorte qu'il repasse dans l'air au dessus de A D; il se rompra comme en *f g*, sans que les extrémitez de la lumiére changent de situation, comme on le voit en la figure; & alors l'extrémité L *h f* qui n'avoit qu'une foible couleur de jaune rougeâtre en H L, sera d'un beau rouge en *f*, avec du jaune au dessous; & l'extrémité I *m g*, qui n'avoit que du bleu en I, sera d'un beau violet en *g*, avec du bleu au dessus. On commencera à voir du verd à huit ou neuf pouces de distance dans le milieu de la lumiére; & à quinze ou vingt piés, on ne verra distinctement que du rouge, du verd & du violet. 3°. Tournez le petit miroir de maniére que le même rayon F L se refléchisse entre P & D, comme en *a b*, faisant la seconde courbure L *b d* plus grande que la premiére G H L: vous verrez que les extrémitez de la lumiére qui auront changé de situation, comme on le voit en la figure, changeront leurs couleurs; car la partie L *b* qui étoit rouge dans l'eau en *r*, deviendra violette en *d*, & le rayon I *a* qui étoit bleu dans l'eau deviendra rouge en *e*, & plus la courbure sera grande, plus les couleurs changées seront vives & éclatantes, pourvu qu'on les reçoive à une distance plus grande que de cinq à six piés.

Tab. VII. Fig. 13. On verra de semblables apparences & avec plus de facilité dans un prisme comme A B C semblable à celui de la figure 10e, en observant les choses suivantes.

Recevez un rayon solide *a b c d* sur la surface A B proche du point A, sous un angle moindre que 30 degrez comme *a b* A; il se rompra comme en *b* D *d* E sur la surface représentée par A C, & se refléchira entiérement en D *e* E *f* par la troisiéme Supposition; d'où il se rompra une seconde fois en *e g f h*; les parties extrêmes auront changé de si-

situation comme on le voit en la figure, & la premiére courbure sera plus grande que la seconde, comme on le pourra connoître par le calcul; vous verrez alors des couleurs très-foibles en *h g*, savoir du rouge jaunâtre vers *h* & du bleu vers *g*, de même qu'on les aura vuës en *y x* dans la 12e. figure.

Pour connoître les différences des courbures contraires, on en fera le calcul en la maniére suivante selon les tables de Sinus.

L'angle *a b* A est de 25 degrez; L *b* I coupe à angles droits A B: l'angle *a b* L est de soixante cinq degrez; son sinus est 90630; ôtez-en le tiers, il restera 60420, qui est le sinus de 37d, 10'. pour l'angle diminué D *b* I: & parce que l'angle A est de 40d, & l'angle obtus A *b* D de 127d. 10'; l'angle A D *b* sera de 12d. 50', & par la troisiéme Supposition le rayon se refléchira entiérement, puis que cet angle est moindre que 48d. 12': l'angle de refléxion *e* D C sera aussi de 12d. 50'; & l'angle C étant de 50d, l'angle extérieur D *e* B sera de 62d. 50', & D *e c* de 117d. 10'. Donc le rayon repassera dans l'air, & K *e* étant supposée perpendiculaire à B C & D *e* continuée directement en M, l'angle M *e* K sera de 27 degrez 10'; son sinus est 45658; la moitié de ce nombre est 22829; leur somme est 68481 sinus de l'angle augmenté K *eg* de 43 degrez 14'. Donc *g e* C sera de 46d. 46', & par conséquent la courbure D *e g* sera moindre que la courbure *a b* D, car l'angle D *e g* sera de 163d. 56', & l'angle *a b* D de 152d. 10'. Faites tomber le même rayon *a b c d* proche du point B, comme on le voit en la figure, & faites un calcul semblable à celui ci-devant; vous trouverez que le rayon rompu *b* G se refléchira entiérement en G O sur A C, que l'angle de refléxion *o* G *c* sera de 37d. 10', & par conséquent G *o* C de 92d. 50', puis que l'angle C est de 50d. Donc G *o* A sera de 87d. 10', & par conséquent le rayon repassera dans l'air & se rompra comme en O N H P, du côté de l'angle C; & ainsi les parties extérieures de la 2e. courbure n'auront point changé de situation, quoique cette courbure soit en un sens contraire à la premiére. TAB. VII. Fig. 13.

Recevez ce rayon à sept ou huit piés de distance, vous verrez une grande vivacité de couleurs, savoir du rouge en P, & du violet en N, du jaune auprès du rouge, & du bleu auprès du violet, & à une grande distance, comme de vingt-cinq ou trente piés, on ne verra distinctement que du rouge, du verd, & du violet: d'où il s'ensuit, que les secondes refractions qui ne changent point la situation des parties, augmentent la vivacité des couleurs. Servez-vous encore d'un prisme commun de verre, dont les bases sont des triangles équilateraux; le triangle équilateral A B C, dans la figure 16e. représente la section d'un de ces prismes; il s'y fera toujours deux refractions de suite en un même sens, si l'angle d'incidence du rayon D E F *g*, est plus grand que 27d. 56'; car s'il étoit de 27d. 55', ou moindre, le premier rayon rompu E H *g* I feroit l'angle *g* I B moindre que 48d. 12', & par la 3e. Supposition, il TAB. VII. Fig. 16.

ſe refléchiroit entiérement. Or les deux refractions F g I, g I M, ne changent point la ſituation des parties extérieures du rayon ſolide: recevez ce dernier rayon rompu H N I M, à une diſtance d'un pié, ou à une autre plus grande; vous verrez toujours du rouge vers I M avec du jaune, & du violet vers H N avec du bleu: & ſi on tourne ce même priſme en ſorte que le premier rayon rompu *g* I ſoit parallelle à la baſe A C, ce qui arrive quand l'angle A *g* F eſt de 41^d. 24′, 30″; le verd paroîtra à trois ou quatre piés de diſtance, ſi la lumiére paſſe librement par toute la largeur du priſme qui eſt ordinairement d'un pouce: mais ſi on le tourne de maniére que l'extrémité du violet raſe la ligne H C, comme la figure le montre dans le rayon *h* R *m q* qui vient du rayon *f x y d*, dont l'angle d'incidence eſt de 27^d. 56′; le verd paroitra à un pouce de diſtance de C, entre R & *q*. Que ſi le rayon n'a que deux lignes de largeur, & que l'angle C H N ſoit de 41^d. 24′, 30″, le verd paroitra à huit ou neuf pouces de diſtance entre N & M, au lieu que dans le priſme de la figure 13^e. il ne commence à paroître qu'à quatre piés ou environ, quand il n'y a qu'une ſeule refraction, & à près de 5 piés, dans le priſme d'eau de la 11^e. figure. Ce qui fait encore voir manifeſtement que la 2^e. refraction qui ne change pas la ſituation des parties extérieures, fortifie les couleurs & les rend plus vives, puis que la blancheur pure de la lumiére diſparoît à une moindre diſtance, que quand il n'y a qu'une refraction.

Que ſi dans la 12^e. figure, on tourne le petit miroir juſques à ce que le rayon refléchi I *a* ſe rompant en *ae* faſſe l'angle *ea* D de cinq ou ſix minutes, on ne verra que du rouge, & les parties qui doivent faire les autres couleurs, ne paſſeront point dans l'air & ſe refléchiront entiérement; & enfin ſi l'angle L *b* A eſt de 41^d. & au deſſous, toute la lumiére ſe refléchira vers le fond de l'eau ſelon la 3^e. Suppoſition.

Pour faire des hypothèſes qui puiſſent ſatisfaire à toutes les apparences de ces premiéres & ſecondes expériences, il faut premiérement conſidérer ce qui arrive aux rayons qui ſe rompent ſelon les loix ordinaires de la refraction, & enſuite ſi ceux qui font les couleurs ſuivent d'autres régles dans leurs refractions.

TROISIÉMES EXPÉRIENCES.

TAB. VII. Fig. 14. Soit donc A B C dans la figure 14^e. un priſme ſemblable à celui de la 10^e. figure, dans lequel l'angle A eſt droit & l'angle C de 40 degrez, & par conſéquent l'angle B de 50^d. *ab* eſt le diamétre du Soleil parallelle à A C. D E, F *g*, ſont deux rayons qui viennent du point *b*; on les ſuppoſe perpendiculaires à A C. *rg* eſt un rayon qui vient du point *a*, & qui tombant obliquement ſur A C fait l'angle *r g* F de 32′, & ſe rompt en *ge*. Les rayons D E, F *g*, paſſeront en E *h* & *g i*, ſans ſe rompre. *h* M, I N, ſont les rayons rompus de D E *h*, F *g i*, ſelon les loix ordinaires de

de la refraction. *g* I K eſt une ligne droite. B M N K eſt parallelle à A C. On trouve les angles de ces rayons & les proportions de leurs lignes en cette ſorte. L'angle *g* I C eſt de 50d. & K I B de même ; *q* I eſt perpendiculaire à B C ; donc l'angle K I *q* ſera de 40d : le ſinus de 40 degrez eſt 64278, dont la moitié eſt 32139 ; leur ſomme eſt 96417, ſinus de 74 degrez 37', pour l'angle augmenté *q* I N ; donc l'angle B I N ſera de 25 degrez 23' : le rayon D E *h* ſe rompra de même en *h* M parallelle à I N ; l'angle extérieur I N K ſera de 55 degrez 23', car C B K eſt de 40 degrez ; donc ſi 82297 ſinus de 55 degrez 23', complément de B N I, donne 36 lignes, grandeur ſuppoſée de I B, 26527 ſinus de B I N de 15 degrez 23', donnera B N de 11 lignes $\frac{10}{17}$ à peu près.

On trouvera par un ſemblable calcul que I N ſera de vingt-huit lignes à peu près. *m* I eſt parallelle à E *g* ; l'une & l'autre eſt ſuppoſée de deux lignes. On trouvera par le calcul que la ligne *h* I eſt de deux lignes $\frac{3}{5}$. Mais, comme B I eſt à *hi*, ainſi B N eſt à M N ; donc M N ſera de $\frac{5}{6}$ de ligne. L'angle *rgf* eſt de 32' : donc ſelon les loix de la refraction, l'angle diminué I *g e* ſera de 21', 30" ; & *oe* étant parallelle à E *g*, & *go* étant de ſix lignes de longueur, *o e* ſera environ $\frac{15}{26}$ de ligne, & I *e*, $\frac{1}{26}$. *ges* eſt une ligne droite, *e* T eſt perpendiculaire à B C, l'angle *g e* C, égal aux deux *eg* I, *e* I *g*, ſera de 50 degrez 21' 30", comme auſſi *ſe* B. Donc T *e ſ* ſera de 39 degrez 38', 30" ; ſon ſinus eſt 63798 ; la moitié eſt 31899 ; leur ſomme eſt 95697, ſinus de 73 degrez 8', pour l'angle augmenté T *e* P. Donc B *e* P ſera de 16 degrez 52'. L'angle extérieur *e* P K, complément de B P *e* & égal aux deux B & B *e* P, ſera de 56 degrez 52' ; ſon ſinus eſt 83740 : ſi ce nombre donne B *e* de trente-ſix lignes $\frac{1}{20}$, le ſinus de P *e* B 29014 donnera un peu moins de douze lignes & $\frac{1}{2}$ pour la ligne B P. Donc N P ſera environ $\frac{9}{10}$ de ligne, & étant jointe à M N de $\frac{5}{6}$, la ligne entiére M P ſera à peu près d'une ligne $\frac{3}{4}$. Mais E *g* eſt de deux lignes ; & les rayons des points extrêmes du diamétre du Soleil qui coupe à angles droits le diamétre *ab*, feront ſur le plan B C un intervalle d'environ deux lignes $\frac{1}{20}$ ſelon la 3e. Suppoſition ; & par conſéquent le diamétre qui dans l'ovale de lumiére coupe à angles droits le diamétre qui eſt ſelon l'ordre des couleurs, ſera le plus grand, & le paſſera d'environ $\frac{1}{6}$, ce que vous pourrez aiſément obſerver. Il ne paroitra point de rouge, ni de violet dans les extrémitez de la lumiére, à cette petite diſtance, mais à un pié de diſtance, le diamétre ſelon l'ordre des couleurs ſera plus de trois fois plus grand que l'autre, quoique ſelon les régles ordinaires de la refraction il ne dût être qu'environ deux fois plus grand : ce qui fait voir que les rayons rouges & violets font un plus grand écart que ſelon ces régles.

Recevez encore le rayon ſolide D E F *g* ſur le priſme A B C de la 16e. figure, où l'on ſuppoſe que les angles F *g* A & M I C ſont chacun de 41d. 24'. 30" ; & que les rayons D E, F *g*, viennent d'une des extrémitez du diamétre du Soleil ; & les rayons *r g*, Z E, de l'autre extré- TAB. VII. Fig. 16.

mité

mité opposée: l'angle $r\,g$ F sera de trente-deux minutes, son premier rayon rompu est $g\,e$, son 2^{e}. rayon rompu est $e\,s$: On trouvera par le calcul selon les régles de la troisiéme Supposition, que l'angle C$e\,s$ sera environ de 41^{d}. 56'. 40''. D'où il s'ensuit que, si ces rayons colorez ne faisoient pas un écart plus grand que selon les régles ordinaires de la refraction, le diamétre selon l'ordre des couleurs seroit à une distance de neuf ou dix piés sensiblement égal à l'autre; mais par l'expérience, il est plus de trois fois plus grand: d'où il suit nécessairement que le rouge fait un écart comme en $e\,x$, & le violet comme en H, V; c'est-à-dire, que ces rayons rouges & violets sont comme poussez en dehors & écartez par les parties intérieures du rayon solide de même maniére que les parties extérieures d'un jet d'eau sont repoussées & écartées par les intérieures, quoiqu'à la sortie de l'ajustage elles ayent une même direction.

TAB. VII. Fig. 15. Pour mieux connoître la vérité de cette conséquence, servez-vous du prisme de la figure 15^{e}. semblable à celui de la figure 10^{e}. où l'angle A est supposé de 40 degrez & l'angle C de 50^{d}; le rayon solide D E F G est supposé venir d'une très-petite partie du Soleil d'environ une demi minute de diamétre: vous aurez un tel rayon, si vous faites passer la lumiére du Soleil, par un trou dont le diamétre soit d'un demi quart de ligne, & que vous receviez cette lumiére à douze piés de distance sur du papier où il y ait un trou de même petitesse; car, selon la premiére Supposition, la lumiére qui passera par cette seconde ouverture, viendra d'une partie du Soleil qui n'aura qu'environ 32''. de diamétre; l'écart des rayons extrêmes D E, F G, sera insensible dans une distance de six pouces par la premiére Supposition, puis qu'à une distance de neuf pouces, la base du cone de lumiére opposé à celui qui a pour base dans le Soleil une demi minute, n'auroit que $\frac{1}{64}$ de ligne de diamétre; ce rayon solide D E F G tombant perpendiculairement sur le côté A B, passera sur A C en H I sans se rompre; $a\,a$ est un rayon également distant des deux extrêmes D E H, F G I, leurs rayons rompus sont H K, $a\,a$, I L. On trouvera par un calcul semblable à celui qui est dans l'explication de la 14^{e}. figure, que l'écart des rayons H K, I L, sera d'environ une minute & demi, & que le diamétre selon l'ordre des couleurs ne devroit pas être plus grand que l'autre; & cependant il vous paroitra plus de trois fois plus grand, quoique l'extrémité du violet ne soit pas visible. D'où l'on voit évidemment, comme dans les expériences précédentes, que les rayons extérieurs qui font le rouge & le violet, font un écart plus grand que selon les régles de la troisiéme Supposition; ou, ce qui est la même chose, que les rayons rouges font leur refraction moindre que selon la proportion de 3 à 2, & que les rayons violets la font plus grande.

Cela étant supposé, on peut concevoir que les écarts de ces rayons se font en la maniére suivante.

Une partie de la lumiére du rayon I L, s'écarte comme en I N d'un côté,

côté, & comme en I *e* de l'autre; faisant du bleu dans l'espace L I O, du violet en O I N, du jaune en L I K, & du rouge en K I *e*: Le rayon H K s'écarte aussi comme en K H M d'un côté, & de l'autre comme en K H O, faisant K H *e* jaune, *e* H M rouge, K H L bleu, & L H O violet: Le rayon *a a* & tous les autres qui passeront entre H & I, feront des écarts semblables de couleurs de part & d'autre dans le même ordre. Or, un rayon comme I L d'une épaisseur insensible ne rendroit pas ses écarts colorez visibles, puis qu'on a beaucoup de peine à voir toute la lumiére entre M & N, & il est nécessaire que la lumiére de l'écart de chaque rayon particulier soit fortifiée par les écarts des autres rayons: ainsi un rayon qui passera entre *a* & I, faisant son écart violet au delà de I O, l'extrémité de cét écart coupera I O en quelque point comme en *q*, & fortifiera le violet du rayon I L au delà de la ligne *q* O entre *q* O & I N. Par la même raison, un rayon qui passera entre *a* & H, faisant son écart rouge au delà du rayon H *e*, l'extrémité de cét écart coupera H *e* comme au point *r*, & fortifiera le rouge du rayon H K au delà de *r e* entre *r e* & H M, & ainsi à l'égard des autres rayons & des autres couleurs: & parce que les rayons entre I L & H K poussent leur jaune depuis L jusques en *e*, & leur bleu depuis K jusques en O, ces couleurs se mêleront entre K & L, & y feront paroître du verd, aux extrémitez duquel il y aura un peu de bleu entre O & L, & un peu de jaune entre K & *e*.

Recevez encore sur le même prisme, le rayon solide *d b f*, que je suppose venir de tout le disque du Soleil; le point *b* représente un petit trou fait avec la pointe d'une éguille très-fine, en sorte qu'un cheveu y puisse à peine passer; le rayon *d b* vient d'une extrémité du diamétre apparent du Soleil à A B, & le rayon *f b* vient de l'autre extrémité; le rayon *a b* vient du centre, & il est supposé tomber perpendiculairement sur A B, & par cette raison il passe sans se rompre jusques en *o* sur la ligne A C; *d b* se rompt un peu en *b g*, & *f b* en *b e*, l'un & l'autre du côté de *b o*; *a o* repassant dans l'air se rompra en *o a* faisant l'angle C *o a* d'environ 15^{d}. 23', si l'angle C est de 50 degrez; *e* L est le rayon rompu de *b e*, & *g b* de *b g*, selon les régles de la troisiéme Supposition; leur écart se trouvera par le calcul, d'environ un degré & demi, quoique l'angle *g b e* soit moindre que de 32'. Or, suivant l'hypothèse ci-dessus, le rayon rompu *g b* fera son écart bleu comme en *b g q*, son écart violet comme en *q g y*, son écart jaune pourra aller en *b g x*, & son écart rouge en *x g a*; le rayon *e* L fera son écart jaune comme en L *e n*, son écart rouge en *n e z*, son écart bleu en L *e u*, & son écart violet en *u e a*; le rayon *o a* fera ses écarts de même de part & d'autre, aussi bien que ceux qui venant des autres parties du Soleil, passeront entre *e* & *g*; ceux qui passeront entre *o* & *g*, fortifieront le bleu & le violet de *g b*, & ceux qui passeront entre *o* & *e* fortifieront le jaune & le rouge de *e* L; les écarts jaunes & bleus se mêleront dans l'espa- TAB. VII. Fig. 15.

ce *b* L, à la reserve d'un peu de jaune qui paroitra vers L, & d'un peu de bleu qui paroitra vers *b*, & par ce moyen tout le reste de cét espace entre *b* & L à une distance médiocre sera verd ; on aura de la peine à discerner le violet à cause de sa foiblesse, si ce n'est que le papier ne reçoive point d'autre lumiére que celle qui passera par le point *b*; la longueur du diamétre selon l'ordre des couleurs sera à cinq ou six pouces de distance, plus de quatre fois plus grand que l'autre diamétre, si on tient le papier parallelle à la surface AB, quoique suivant les régles de la troisiéme Supposition, il deût être moindre que triple, ce qui confirme les autres expériences du grand écart des extrémitez du rouge & du violet.

Pour connoître ces choses plus précisément, & pour s'asseurer que les expériences s'accordent avec l'hypothése de l'écart des couleurs de part & d'autre, on pourra faire encore les expériences suivantes.

TAB. VII. Fig. 17. *a b c* dans la figure 17ᵉ. représente un prisme semblable à celui de la 15ᵉ. figure: l'angle *a* est de quarante degrez, & l'angle *c* de cinquante degrez: AIB représente le diamétre du Soleil parallelle à la section *ab*, laquelle est exposée directement au Soleil, dont la lumiére est supposée traverser tout le prisme jusques à la surface représentée par le côté *ac*, que je suppose être couvert d'un corps opâque, à la reserve de l'ouverture CED: cette ouverture représente celle de la premiére figure: les rayons qui représentent en cette figure 17ᵉ. ceux de la premiére figure, sont marquez des mêmes lettres, pour pouvoir mieux distinguer la lumiére entiére & les pénombres: les rayons CR, DG, viennent du point A; & CF, DK, du point B: EL vient du point I: CR, DK, se coupent au point M: CR, ES, sont parallelles à DG, & EH à CF: le point M est celui qui termine la lumiére entiére, comme en la premiére figure: le triangle CMD sera illuminé par toutes les parties du Soleil; mais au lieu que dans la premiére figure, la ligne CM seroit d'environ cinquante-quatre pouces si CED est de six lignes, elle sera ici beaucoup moindre à cause du grand écart que la refraction donne aux rayons rompus CF, CR, comme il a été remarqué dans l'explication de la 6ᵉ. figure.

On verra donc une lumiére entiére dans le triangle CMD, & cette lumiére sera toute blanche & sans couleurs: non seulement parce que sa plus grande partie procéde des rayons qui suivent les loix de la refraction sans écart, & que les écarts qui doivent faire le rouge, le jaune, le bleu & le violet, s'y détruisent mutuellement; mais aussi à cause de la grande force de cette lumiére, comme on en voit un exemple dans la lumiére du Soleil, qui ayant passé par un verre coloré, passe ensuite à travers une loupe, ou verre convéxe, car cette lumiére colorée paroît toute blanche dans le foyer de la loupe, à cause de la lumiére qui y est réünie.

Le rayon CF s'écartera en CN, faisant du bleu en FC*b*, & du violet en *b*CN: EH & *u* 7 parallelles à CF feront les extrémitez de leurs écarts violets parallelles à CN, en *ur* & EL; & ainsi une partie du violet

let de CF sera fortifié par les écarts violets des rayons qui passeront entre E & C, comme il a été montré en la 15e. figure ; D K sera aussi l'extrémité de son écart violet parallelle à CN, & à une grande distance il passera au delà de la ligne C*h*, qui fait l'extrémité de l'écart bleu du rayon rompu CF, & par cette raison tout le violet se séparera des autres couleurs à une grande distance ; D G fait l'extrémité de son écart jaune comme en D O, & l'extrémité de son écart rouge comme en D P : & parce que le rayon Q 2 parallelle à D G fait l'extrémité de son écart rouge comme en Q T ; & qu'il est fortifié par les écarts des rayons qui passent entre D & Q, & qui s'avancent au delà de Q T ; le rouge pourra commencer à paroître au point *f* dans l'interfection des lignes D O & Q T : & d'autant que la vivacité des couleurs de chaque écart diminuë en la raison doublée des distances, de même que la vivacité de la lumiére directe de chaque point lumineux ; l'extrémité de l'écart rouge de Q 2 aura moins d'éclat entre T & *f* qu'au point *f*, & l'écart du rouge de D G, sera aussi moins vif au point T & dans toute la ligne *f* T, qu'au point *f* ; & ainsi le point *m*, dans la ligne Q T, ne pourra faire l'extrémité du rouge visible ; mais quelque autre point *n* plus près de la ligne D O, entre *f* O & *f* T.

Par les mêmes raisons, l'extrémité du jaune visible ne sera point en la ligne D O, parce qu'il est nécessaire qu'il soit fortifié par les écarts jaunes de quelques autres rayons, comme de ceux qui passent entre D & Q, & par ce moyen cette extrémité sera entre D O & D G, comme au point *g*, & une autre extrémité du jaune pourra être comme au point 3. La distance qui est entre les points 3 & *n*, qui sont entre les lignes Q T & D G, pourra être la largeur de tout le rouge visible à cette distance ; & par conséquent à une plus grande distance, le point qui terminera le rouge sera encore plus éloigné de la ligne D P, comme en V, & la distance entre *d* & V, sera en cét endroit, la largeur du rouge, & la ligne *f n* V qui termine l'extérieur du rouge, sera une ligne courbe qui s'éloignera toujours des lignes D P & D G ; l'extrémité du jaune sera aussi une ligne courbe qui s'écartera de D O, du côté de D G, comme la ligne *g* 3 *d*, qui le terminera extérieurement. Les mêmes choses arriveront de l'autre part : car, par les mêmes raisons, l'extrémité extérieure du violet visible commencera comme au point *q* dans l'interfection des lignes *u r* & C*h* (*ur* parallelle à C N est l'extrémité de l'écart violet de *u* 7) & cette extrémité sera en une ligne courbe comme *q x z*, qui s'éloignera toujours des lignes C N & C F ; l'extrémité extérieure du bleu sera en une ligne courbe, comme 4 *y e*, commençant au point 4, qui est entre les lignes C*h*, C H, mais très-proche de la ligne C*h* : La distance entre *z* & *e* sera en cét endroit la largeur du violet ; le bleu foible qui est entre *e* & *h*, mêlé avec le violet, fera paroître du violet ; & le rouge mêlé avec le jaune foible qui est près de *d*, y fera paroître du rouge & de l'orangé.

Le verd commencera à paroître au delà du point M, dans l'espace K M R, où le bleu & le jaune sont d'égale force à peu près par tout. Mais il ne paroitra que du jaune dans l'espace M D 3 : car l'écart jaune de D G y sera fortifié par les écarts jaunes de Q 2 & de tous les rayons qui lui seront parallelles passant entre D & E, comme aussi l'écart jaune de Q 2 sera fortifié par les écarts jaunes de tous les rayons qui lui seront parallelles passant entre *u* & Q : mais l'écart bleu de D G ne sera pas fortifié par celui de Q 2, ni celui de Q 2 par les écarts bleus des rayons qui lui sont parallelles passant entre Q & *u*, & de même à l'égard des écarts bleus qui vont jusques à D M ; ce qui fait que le bleu y est très-foible, & que l'éclat du jaune l'efface.

La même chose arrive aux écarts bleus & jaunes dans l'espace M C *y* ; car par les mêmes raisons, le jaune y est surmonté de beaucoup par le bleu.

On verra un semblable effet, si on coupe en de très-petits filamens du ruban jaune & du ruban bleu : car, si on mêle exactement quatre parties de jaune, avec une de bleu, le composé paroitra jaune ; & si on en mêle quatre de bleu, avec une de jaune, le composé paroitra bleu ; & le mêlange ne paroitra verd, que lors que ces couleurs seront en égales portions, ou que leurs proportions seront moindre que de 4 à 2. Le verd qui paroît dans l'espace K M R, ira toujours augmentant de largeur, & enfin à une grande distance il restera seulement un peu de jaune orangé proche l'extrémité intérieure du rouge, & un peu de bleu proche l'extrémité intérieure du violet ; mais il y aura un verd jaunâtre près du rayon M R continué, & un verd tirant sur le bleu près du rayon M K continué ; les écarts rouges & violets qui sont mêlez entre R & C, étant très-foibles, n'empêchent pas le verd.

Il est aisé de satisfaire aux autres apparences de la 10^e^. figure : car il ne doit paroitre, ni bleu, ni jaune, si on reçoit le rayon tout auprès du prisme, puis que les écarts bleus & jaunes ne sont pas encore fortifiez suffisamment par d'autres écarts de même couleur ; & par cette raison il ne doit paroître dans le commencement des rayons rompus C F & D G, que de la blancheur.

Le diamétre selon l'ordre des couleurs doit être beaucoup plus petit que l'autre à une petite distance de six lignes, quand le rayon rompu est fort oblique ; & il doit être beaucoup plus grand à une grande distance : car, par ce qui a été dit dans l'explication de la 16^e^. figure, les rayons extérieurs qui sortent parallelles par une ouverture de six lignes, sont très-prés l'un de l'autre en leurs refractions ; & l'écart des rayons qui comprennent un angle de trente-deux minutes, qu'on suppose ici être la largeur du Soleil, n'occupe pas une ligne à une distance de six lignes, quand mêmes l'écart seroit dix fois plus grand dans les refractions, que dans la lumiére directe. Car, si la base qui soutient un angle de 32', n'est à 108 lignes de distance, que d'une ligne ; elle ne

sera

sera que d'environ 10 lignes, si l'angle est dix fois plus grand; & à cinquante-quatre lignes de distance, elle ne sera que de cinq lignes; & à six lignes elle ne sera, suivant cette proportion, que d'environ deux tiers de ligne. D'où il est aisé de conclure, que le Diamétre selon l'ordre des couleurs ne sera pas de deux lignes à la distance de six lignes, si l'ouverture est de six lignes; & que l'autre sera d'environ six lignes, c'est-à-dire, trois fois plus grand: mais à une distance de douze piés, l'écart des rayons rompus qui n'est que de 10 lignes à une distance de 108 lignes, sera de plus de 13 pouces; & l'autre diamétre qui croît à peu près selon la proportion des distances, ne sera à cette distance de douze piés, que d'environ seize lignes; & par conséquent le diamétre selon l'ordre des couleurs, sera alors plus de neuf fois plus grand que l'autre, & y ajoutant l'écart du rouge & du violet, tout ce diamétre sera plus de dix fois plus grand que l'autre, ce que vous pourrez observer par l'expérience.

Si vous voulez connoître d'où vient que l'endroit qui étoit bleu sur le papier à trois ou quatre piés de distance, paroît rouge quand on intercepte une partie de la lumiére à dix ou douze pouces, & que ce qui étoit jaune paroît bleu; & qu'à une distance de vingt ou vingt-cinq piés, les couleurs ne changent point, si on intercepte de la même maniére une partie de la lumiére à douze piés du prisme: il faut considérer que, l'écart violet de D G étant parallelle à C N, il passera dans une grande distance au delà de C F, si l'angle de cét écart est de plus de 32', comme il le doit être par l'expérience du prisme équilateral de la figure 16^e^, qui fait paroître le diamétre selon l'ordre des couleurs plus de trois fois plus grand qu'il ne devroit être selon les loix ordinaires de la refraction; l'écart du rouge de C F, passera de même au delà de D G: D'où il s'ensuit, que les rayons diversement colorez se sépareront & ne seront plus confondus, comme ils le font dans l'espace C F, D G, à une petite distance: d'où il doit arriver, que si on pousse le corps opâque $\beta\gamma$, dans de petites distances, jusques à la rencontre de la ligne Q 2 au point γ, on verra du violet & du bleu vers l'extrémité de son ombre, au même endroit où l'on voyoit du jaune, parce que les rayons qui passeront entre Q & D, feront leurs écarts bleus & violets du côté de M R, dont quelques uns raseront l'extrémité γ, & les autres passeront tout auprès, & s'étendront comme entre 2 & R, & ces écarts n'étant point détruits par les écarts rouges & jaunes des rayons parallelles à C R, qui passent entre C & E, parce qu'il sont arêtez par le corps opâque, il paroitra du bleu & du violet en cét endroit.

Par les mêmes raisons, si on pousse le même corps opâque à la même distance du prisme depuis la ligne D P jusques à la rencontre de la ligne π 7, on verra du jaune & du rouge vers l'extrémité de l'ombre: mais si on pousse ce corps opâque à douze ou quinze piés du prisme, ou plus loin, il recevra les écarts des rayons après s'être séparez les uns

des autres; d'où il arrivera que, si on intercepte la lumiére colorée depuis C N jusques à la moitié du verd, on ne verra que du verd à l'extrémité de l'ombre, quand on la recevra sur quelque surface au delà du corps opâque.

On verra de semblables effets dans le rayon solide *a e d b* de la 12^e. figure: car si on intercepte une partie de la lumiére tirant de *a e* en *b d*, à cinq ou six pouces de distance du point *b*, on verra du rouge & du jaune jusques fort près du rayon *b d*, à quatre ou cinq piés de distance; & si on l'intercepte de *b d* en *a e*, on verra du bleu & du violet jusques fort près de *a e*; mais dans les grandes distances, les mêmes couleurs demeureront, quoi qu'on intercepte une partie de la lumiére.

Ces expériences confirment entiérement l'hypothèse de l'écart de chaque petit rayon en rouge & en jaune d'un côté, & en bleu & en violet de l'autre; & c'est principalement sur ces expériences que je l'ai fondée.

On verra les mêmes apparences à peu près dans le prisme de la figure 16^e; mais le point M qui termine la lumiére entiére, sera bien moins éloigné du prisme à cause des deux refractions: on trouvera par le calcul, que, le rayon *z* E parallelle à *r g*, faisant la premiére refraction en E O, & la seconde en O M, la ligne I M sera de trente cinq pouces à peu près, si l'ouverture E *g* est de six lignes, & que l'angle d'incidence du rayon D E F *g* soit de 48^d. 35', 30", ou ce qui est la même chose, si le rayon rompu *g* I est parallelle au côté A C: aussi voit on le verd commencer à paroître à cette distance de trente-cinq pouces.

Mais, si l'angle d'incidence du rayon *f x y d* est de 27^d. 56', le point M sera seulement à une ligne de distance entre *b* R & *m q*. C'est pourquoi on voit alors du verd à une distance moindre que de deux lignes; & quand mêmes on laisseroit tout le prisme exposé au Soleil en cette situation, on verroit paroître du verd à moins de quatre lignes de distance: ce qui fait voir que les secondes refractions augmentent beaucoup les écarts, & qu'elles font toujours paroître le verd à la distance du point M; au lieu que dans la figure 17^e. il ne commence pas à paroître précisément au point M où se termine la lumiére entiére, mais plus loin, quand il n'y a qu'une refraction & que l'angle *c* C F n'est pas moindre que de quinze ou seize degrez; ce qui procéde de ce que dans les médiocres refractions, les écarts qui font les couleurs sont médiocres & ne passent pas assez les uns sur les autres pour se fortifier, & détruire à une médiocre distance la pureté de la lumiére des parties intérieures du rayon solide qui suivent les loix ordinaires de la refraction; car même, si l'angle *b a c* de la figure 17. étoit seulement de cinq ou six degrez, il ne paroitroit ni rouge ni verd ni violet, à quelque distance qu'on receût la lumiére rompue, parce que les écarts étant très-petits il n'y auroit qu'une très-petite partie de la lumiére du rayon solide qui y seroit employée, laquelle par conséquent ne pourroit empêcher que très-peu la force du reste de la lu-

miére

miére; mais si dans la figure 17. le rayon CN faisoit un angle de cinq ou six minutes avec la ligne *c*C, alors le verd commenceroit à paroître fort près du point M.

La même chose arrive pour la foiblesse des couleurs, lors que les secondes refractions sont contraires aux premiéres, & qu'elles ne sont qu'un peu moindres, ou un peu plus grandes; parce que les secondes refractions diminuent les écarts des premiéres, ce qui affoiblit les couleurs: mais quand les refractions sont égales & contraires dans les prismes, on ne voit plus de couleurs, & les écarts se détruisent entiérement, de même que dans la lumiére *q* R de la figure 12, où l'on voit que la seconde courbure I O *q* est égale & contraire à la premiére E F I. Les troisiémes refractions sont toujours sans couleur dans un prisme équilateral, parce que ces refractions sont toujours égales & contraires aux premiéres, ce qui se prouve en cette sorte.

A B C dans la figure 18ᵉ. est un prisme équilateral, sur lequel tombe le rayon solide D E F *g*, qui se rompt en partie en H I, d'où il se refléchit en partie en M N, sur le côté B C, & se rompt aussi en Q L, où il est coloré, comme il a été dit ci-devant. Le rayon refléchi H M I N se refléchit en partie sur B C, & se rompt en partie en M *o* N *q*. Je dis que cette troisiéme refraction I N *q* est égale & contraire à la premiére F *g* I: car les deux triangles A *g* I, I N C, sont semblables, à cause que l'angle A est égal à l'angle C, & que l'angle de refléxion C I N est égal à l'angle *g* I A; donc les incidences de I *g* sur A B, & de I N sur B C, seront égales, & par conséquent les refractions *i g* F, *i* N *q*, seront égales.

On voit aussi que l'extrémité D E H, qui étoit dans la convéxité, est dans la concavité en H M *o*, ce qui détruit les écarts & les couleurs, comme il a été dit ci-dessus. Mais la seconde refraction en Q L, qui ne change point les situations, augmente les couleurs, de maniére que le verd paroît à une distance beaucoup moindre que quand il ny a qu'une refraction.

Pour donner une analogie de ces diminutions, destructions, & augmentations de couleurs par les secondes ou troisiémes refractions, on peut considérer dans la figure 19ᵉ. la boule A poussée de A vers F en ligne droite sans tournoyer, laquelle ayant rencontré la surface platte B C, se refléchit vers G, & en se refléchissant prend un mouvement autour de son axe, selon l'ordre des lettres *a b d e*, comme il arrive aux boules poussées par un mail, qui ne tournoyent point en s'élevant en l'air, & qui commencent à tournoyer, lors qu'elles touchent la terre en tombant. Or si cette boule A rencontre une autre surface D E parallelle à B C, cette surface lui donneroit un mouvement en rond dans un sens contraire au premier selon l'ordre *a e d b*, si elle n'en avoit point d'autre; mais en ayant déja un autre, le dernier peut détruire précisément le premier, & en ce cas la boule se refléchira vers H sans plus tournoyer.

Or,

Or, si aller en droite ligne sans tournoyer représente une lumiére sans couleurs, & que le mouvement en rond représente les modifications qui font paroître les couleurs; on pourra concevoir que la premiére reflexion sur B C représente la premiére production des couleurs, & que la seconde sur D E, de G en H, qui fait cesser précisément le mouvement en rond, représente le retour de la lumiére colorée en sa premiére blancheur.

On pourra aussi concevoir que, si la seconde surface D E n'est pas parallelle à B C, mais qu'elle soit posée comme I L, ou M N, ou O P; & que la boule rencontre tantôt l'une & tantôt l'autre de ces surfaces: la premiére I L, détruira son premier mouvement en rond & la fera encore tournoyer un peu en un sens contraire; que la seconde M N ne détruira pas entiérement le premier mouvement en rond, mais qu'elle le diminuera seulement; & que la troisiéme O P l'augmentera dans le même sens: & on pourra raporter le premier cas au changement des couleurs; le second, à leur diminution sans changer leur ordre; & le troisiéme, à leur augmentation. Mais cette analogie & tous ces raports assez justes ne prouvent pas la nécessité de ces effets & n'en découvrent pas les véritables causes. Il faudroit savoir ce que c'est que la lumiére, avant que de savoir ce que c'est que la lumiére colorée. Mais on est encore à resoudre si la lumiére est une tendance au mouvement, & comme un pressement qui se fait sur les organes de la vuë, ou si c'est une matiére que le corps lumineux pousse hors de soi sans discontinuation. Et quand on seroit convaincu de l'une ou de l'autre de ces hypothèses, comment pourroit-on savoir si les atomes qui composent la lumiére, sont de petits globes, ou de petites piramides, ou des cones, ou des cylindres, &c? Comment pourroit-on connoître les différences des mouvemens, ou des tendances au mouvement des parties de la lumiére qui sont dans les convexitez & dans les concavitez des courbures; si elles roulent d'une maniére le long de la ligne I L dans la dixiéme figure, & d'une autre le long de la ligne D O, soit en un même sens, soit en un sens opposé? Je tiens encore qu'il est impossible de deviner comment les parties intérieures des rayons solides rompus I L D O, poussent en dehors les extérieures, pour faire les écarts colorez; & comment les parties extérieures du rayon O P Q R de la 12^e. figure, rentrent en dedans par la seconde refraction, en sorte que la lumiére reprend sa premiére disposition.

M^r. *Descartes*, qui a donné de l'admiration aux plus savans par la subtilité de ses raisonnemens sur l'Arc-en-Ciel, a entrepris de resoudre ces difficultez, & de rendre raison des diversitez de couleurs que les prismes de verre font paroître.

Il suppose qu'il y a dans l'air, dans l'eau, & dans les autres corps transparens, des globes ou petites boules qui se touchent, & qui transmettent l'action du corps lumineux; & soutient que celles qui tendent à

à tournoyer plus vîte qu'elles ne tendent à s'avancer en ligne droite, font paroitre le rouge & le jaune, & que celles qui tendent à tournoyer moins vîte, font paroître le bleu & le violet. Mais il me semble qu'il applique sans fondement ces mouvemens aux diverses parties de la lumiére, & que par ses propres hypothèses, on pourroit conclure que le rouge devroit paroître en D O, dans la 10^e. figure, aussi bien qu'en I L.

Car, soit considérée la figure 20^e. qui est semblable à celle dans laquelle il représente des boules qu'il suppose tomber obliquement de l'air dans l'eau, & qu'on en fasse l'application à son prisme M N P: on verra que, puis que les petite boules de sa matiére subtile passent plus facilement selon son hypothèse par le verre, que par l'air, si l'on conçoit de l'air au dessous de N D E P, il leur doit arriver la même chose, qu'aux boules qui passent de l'air dans l'eau: savoir, que la petite boule de matiére subtile 1234, qui étant tombée perpendiculairement sur la surface représentée par la ligne N M, passe jusques à N P sans se détourner, rencontrant au dessous de N P, l'air qui lui résiste davantage que le verre M N P, doit tournoyer infailliblement selon l'ordre des chifres 1234; & que les petites boules Q & S augmenteront son tournoyement, de la même sorte qu'il l'explique; & que par ce moyen il y aura trois causes qui lui donneront un mouvement en rond, ou une tendance au mouvement en rond. Mais si l'on conçoit de semblables petites boules vers D, & que la ligne N P soit couverte d'un corps opâque, à la reserve de la partie D E, la petite boule S ne contribuera pas davantage à faire tournoyer en rond la petite partie de la lumiére qui est vers D, ce qu'il prouve devoir arriver à celle qui est vers E. Joint à cela, que si la boule qui en passant du verre dans l'air a pris un mouvement en rond, ou une tendance au mouvement en rond selon l'ordre 1234, est refléchie par un miroir plat selon la même ligne de direction du rayon rompu, elle doit tournoyer en un sens contraire quand elle sera rentrée dans le verre, & ce dernier mouvement doit détruire le premier: d'où l'on pourroit juger que le rayon F I H L de la 12^e. figure, étant repoussé par un miroir plat en *m h*, & s'étant rompu réciproquement en *m g f h*, où il faut une base plus large, devroit être tout blanc, ce qui est contre l'expérience; car l'extrémité vers *g* sera violette & bleuë, & l'autre *f* sera rouge & jaune, & ces couleurs seront beaucoup plus vives qu'au fond de l'eau en I L. Desquelles expériences & raisonnemens il suit, que M^r. *Descartes* n'a pas bien expliqué les couleurs que les prismes de verre font paroître.

On peut encore lui objecter, que si le tournoyement en rond produit les couleurs de la refraction, il s'en feroit aussi dans la refléxion; car si M N P (Fig. 20.) est de l'air, & N P une surface de verre, la boule 1234. qui s'est muë selon la direction A E rencontrant le verre qui la fait refléchir, elle prendra infailliblement un mouvement en rond selon l'or-

dre 1234, & la boule R augmentera son tournoyement, & ainsi il se feroit du rouge par la refléxion, ce qui est contraire à l'expérience.

On peut aussi dire que ce n'est point la boule 1234 qui fait la couleur rouge à dix ou douze piés du prisme MNP, parce qu'elle ne se meut point, & qu'il faudroit qu'elle donnât sa tendance au mouvement en rond à celle qu'elle touche, & cette seconde à une troisiéme &c. ce qui est impossible; car la boule 1234 touchant la boule S la fera pirouetter en un autre sens, & cette boule S s'appuyant sur trois ou quatre autres ne donnera pas à chacune d'elles une tendance à tournoyer de même, & ainsi il arriveroit que s'il paroissoit du rouge à une distance de dix piés, il paroitroit une autre couleur à une distance moindre ou plus grande.

Cèt Auteur s'est encore trompé, quand il a crû que le blanc & le verd se pouvoient voir en même tems dans le milieu de la lumiére rompuë qu'on reçoit sur un linge blanc après avoir passé au travers d'un prisme, puis que le verd n'y paroît jamais que par le mélange du jaune & du bleu, qui dans une grande distance se rencontrent au milieu du rayon solide, dans lequel milieu la pure lumiére blanche paroît quand le papier n'est pas beaucoup éloigné du prisme, & que l'ouverture est assez grande.

Le savant Mr. *Newton* a fait une hypothèse nouvelle & fort surprenante pour expliquer tous ces effetz.

Il suppose que les rayons du Soleil ont d'eux-mêmes des couleurs différentes de rouge, de jaune, de verd, de bleu, & de violet, qu'ils conservent toujours; que ceux qui font violets & bleus, souffrent une refraction beaucoup plus grande que les rouges & les jaunes; que lors qu'ils tombent tous en un même endroit, ils font paroître la couleur blanche; & que quand ils se séparent, chaque espéce manifeste sa couleur.

Il y a beaucoup d'expériences qui semblent favoriser cette hypothèse, & la plupart s'expliquent facilement par son moyen.

En voici un exemple.

TAB. VIII. Fig. 21. Le rayon solide *abgh* a ses deux petits rayons *ab*, *df*, rouges, & les deux, *ce*, *gh*, violets; les rayons *ab* & *df* se rompent sur la surface d'eau AB, comme en *bi* & *fl*; & les violets *ce* & *gh*, en *em* & *hn*, à cause que leur refraction est plus grande, ce qui fait qu'il y a du violet vers *m*, & du rouge vers *l*. Il n'y a que de la blancheur entre *b* & *h*, au dessus de l'eau, parce que les rayons rouges & violets y sont très-près l'un de l'autre, & comme mêlez & confondus.

Par la même raison il n'y a que de la blancheur entre *i* & *n*.

Que si on fait refléchir cette lumiére vers la surface AB, par un miroir plat, en sorte qu'elle fasse en repassant dans l'air une courbure plus grande que la premiére: alors les rayons *mm* & *nn* violets se rompront comme en *m*T & *ns*; & les rouges *ii*, *ll*, se rompront comme en *ix*, *lu*, à cause que leur refraction est beaucoup moindre que celle des

violets;

violets ; & ainſi il y aura une confuſion de couleurs proche des points *m*, *n*, *i*, *l*: mais à une diſtance médiocre, chaque couleur ſe ſéparera des autres & ſe manifeſtera ; le rouge paroitra en *x u*, & le violet en T *s*.

Que ſi les angles des refléxions ſont égaux aux angles d'incidence, aux points *m*, *i*, *n*, *l*, dans la ligne C D ſuppoſée parallelle à A B ; les ſecondes courbures des rayons qui repaſſeront dans l'air, ſeront égales aux premiéres, ſavoir *i* K*y* à *a b i*, *m*E F à *c e m*, *l*V Z à *d f l*, & *n q* P à *g h n*; & ainſi le rayon ſolide rompu E F V Z ſe fera parallelle au rayon ſolide refléchi *b* O *b*R, & les parties extérieures ſe raprocheront & ſeront moins divergentes, parce que les refractions des rayons violets ſeront beaucoup plus grandes que celles des rayons rouges ; & par ce moyen le rayon K *y* deviendra enfin extérieur au rayon E F après l'avoir coupé, comme *ab* l'étoit à *ce*; & *q*P violet deviendra extérieur à V Z rouge, après l'avoir coupé, comme *g h* l'étoit à *d f*: ce qui remettra ces rayons diverſement colorez en leur premiére diſpoſition & mélange, & par conſéquent cette lumiére redeviendra blanche en E F V Z, comme elle l'étoit en *a b g h*. TAB. VIII. Fig. 21.

Il y a encore beaucoup d'autres expériences qu'on peut faire convenir à cette hypothèſe ; mais il y en a auſſi quelques-unes qui n'y peuvent convenir, comme eſt la ſuivante, qu'on pourra faire aiſément.

Recevez ſur un carton blanc à une diſtance d'environ vingt-cinq ou trente piés, un petit rayon ſolide qui aura paſſé par un priſme ; vous verrez que les couleurs occuperont un eſpace de plus de dix pouces, dont le rouge en contiendra plus de deux, & le violet plus de trois : faites que l'extrémité du violet paſſe par une petite fente d'environ deux lignes de largeur taillée exprès dans un carton, & recevez cette lumiére violette fort obliquement ſur un autre priſme, au delà du carton ; alors vous verrez dans la lumiére qui aura paſſé à travers ce ſecond priſme, du rouge & du jaune dans la convéxité de la courbure.

Or dans cette diſtance de trente piés, le violet ſe ſera ſéparé entiérement des rayons rouges qui en ſeront éloignez de plus de quatre pouces, comme il a été dit dans l'explication de la 17e. figure : & par conſéquent dans cette expérience, quelque partie de la lumiére qui étoit violette, ſera devenuë rouge & jaune par la rencontre du ſecond priſme.

Le même changement arrivera ſi on fait paſſer l'extrémité du rouge dans la fente du carton ; car on verra du bleu & du violet au delà du ſecond priſme.

Pour bien faire cette expérience il faut que la chambre ſoit fort obſcure, & qu'il ne paſſe par la fente du carton aucune lumiére ſenſible, que celle qui eſt colorée ; ce que vous connoitrez, ſi détournant le ſecond priſme de la rencontre de la lumiére rouge ou violette, qui paſſe par la fente, on ne voit plus les lumiéres diverſement colorées.

Par cette expérience, il eſt évident qu'une même partie de lumiére

 reçoit

reçoit des couleurs différentes par de différentes modifications, & que l'ingénieuse hypothèse de Monsieur *Newton* ne doit point être reçue.

Le Pére *Grimaldi* & le Pére *de Chales* ont crû que ces différentes couleurs procédent de la rarefaction ou condensation de la lumiére ; c'est-à-dire, que la lumiére peu dilatée fait le rouge & le jaune, & que celle qui l'est beaucoup, fait le bleu & le violet. Mais cette hypothèse ne peut subsister en cette rencontre, parce qu'à quelque distance qu'on reçoive la lumiére rouge, elle demeure toujours rouge, & cependant elle est beaucop plus dilatée à une distance de deux cens piés, que celle qui fait le violet ne l'est à une distance de cinq ou six piés.

Pour ne point m'embarasser dans de semblables difficultez, je n'ai pas voulu entreprendre d'établir ici quelque hypothése douteuse & obscure, mais seulement de donner qnelques régles générales, ou principes d'expérience, qui puissent s'accorder à toutes sortes d'observations.

J'ai choisi pour ce dessein, les huit Principes qui suivent, que j'ai crû pouvoir suffire à bien expliquer toutes les apparences de couleurs produites par les refractions de la lumiére.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

Lors qu'un rayon solide fait une refraction, ou courbure, en passant d'un corps transparent dans un autre, les parties extérieures de la lumiére qui sont du côté de la convéxité de la courbure, prennent une couleur rouge, & celles qui sont du côté de la concavité, prennent une couleur violette ; les parties proches du rouge prennent une couleur jaune, & celles qui sont proche du violet prennent une couleur bleuë, telle petitesse que puisse avoir le rayon solide.

REMARQUE.

Dans ce premier Principe & dans les suivans, on suppose que les refractions sont assez grandes, & que la lumiére est reçuë à une distance suffisante pour faire paroître du rouge & du violet : car si les distances & les refractions étoient trop petites, il faudroit entendre du rouge jaunâtre, au lieu du rouge ; & du bleu seul, au lieu de bleu & de violet, ce qu'il faudra aussi observer dans la suite.

Il faudra aussi observer, qu'encore que dans ces Principes on ne parle que de la lumiére du Soleil, on doit entendre qu'il se fera de semblables effets, par les autres corps lumineux ou illuminez, à proportion de la force de leur lumiére ;

re; & que quand on dit en quelques endroits que la lumiére rompuë aura des couleurs ou sera sans couleurs, on n'y comprend point la blancheur de la pure lumiére.

DEUXIEME PRINCIPE D'EXPERIENCE.

L'Extrémité de la lumiére du côté de la convexité de la courbure, fait sa refraction moindre que selon la proportion de 4 à 3 dans l'eau, & de 3 à 2 dans le verre; & l'extrémité qui est dans la concavité, la fait plus grande que selon les mêmes proportions; & ces écarts des extrémitez de la lumiére rompuë sont plus ou moins grands, selon que les refractions sont plus ou moins grandes.

TROISIEME PRINCIPE D'EXPERIENCE.

LEs parties d'un rayon solide rompu qui reçoivent des rayons de tout le Soleil, étant reçuës sur une surface blanche, n'y font paroître aucunes couleurs sensibles.

QUATRIEME PRINCIPE D'EXPERIENCE.

S'Il y a deux ou trois refractions de suite, & que les mêmes parties du rayon solide demeurent dans la même situation, à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures; la lumiére rompuë conservera les mêmes couleurs dans le même ordre, mais elle seront plus vives & plus belles.

CINQUIEME PRINCIPE D'EXPERIENCE.

LEs écarts de la lumiére rompuë qui font le rouge & le jaune dans la convexité des courbures, & le bleu & le violet dans la concavi-

té, ne font paroître ces couleurs que dans les pénombres, jusques au point où se termine la lumiére entiére, & l'intérieur de la lumiére demeure sans couleurs sensibles jusques à ce point; quelque largeur que puisse avoir le rayon solide.

SIXIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LOrs que les refractions sont fort grandes, soit qu'il n'y en ait qu'une seule, soit qu'il y en ait plusieurs de suite qui ne soient point contraires, il paroitra du verd dans le milieu de la lumiére du rayon solide par le mélange des rayons bleus & jaunes, depuis le point où se termine la lumiére entiére. Que si les refractions sont médiocres, le verd ne commencera à paroître qu'à de certaines distances au delà de ce point: Mais si les refractions sont petites, le milieu de la lumiére sera sans couleurs sensibles jusques à de certaines distances au delà de ce point, & il ne paroitra point de verd à quelque distance qu'on reçoive la lumiére rompuë.

SEPTIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LOrs que les rayons solides souffrent une seconde refraction; si elle est égale à la premiére, & que les parties extérieures changent de situation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures, les couleurs se perdront entiérement, & la lumiére aura la même blancheur, & s'étendra de même que si elle n'avoit point souffert de refraction.

HUITIÉME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

SI la seconde refraction qui fait changer de situation aux parties extérieures du rayon solide, est moindre que la premiére, les mêmes couleurs demeureront dans les mêmes parties, mais elles auront peu d'éclat. Mais si la seconde refraction est plus grande que la premiére, les couleurs se changeront; c'est-à-dire, que la partie qui étoit rouge & jau-

jaune deviendra violette & bleuë; & celle qui étoit violette & bleuë, deviendra rouge & jaune: & plus cette seconde refraction sera grande, plus les couleurs changées seront vives & distinctes.

Ces huit Principes, que j'ai trouvé conformes à un très-grand nombre d'expériences, qui ont été faites avec un très-grand soin & une très-grande exactitude, sans en trouver aucune qui y fût contraire, pourront servir à expliquer toutes les couleurs que la lumiére fait paroître par les refractions, ainsi qu'on le verra dans les discours suivans, où l'on citera ces Principes selon l'ordre qu'ils ont été ici énoncez.

On pourroit objecter que ces principes ne sont pas d'égale dignité à ceux-ci.

L'angle de reflexion est égal à l'angle d'incidence.

Les rayons tombant obliquement d'un corps transparent dans un autre de différente transparence se courbent.

Mais on peut répondre que la vérité de ces deux derniers principes n'est connuë que par les observations qu'on en a faites, & que le seul avantage qu'ils ont, est qu'ils sont plus simples, & que les expériences en sont plus aisées à faire.

EXPLICATIONS

DES PRINCIPALES APPARENCES DE COULEURS CAUSÉES PAR LA REFRACTION.

PREMIÉRE APPARENCE.

SI le Soleil étant beaucoup élevé, on reçoit dans un lieu obscur un rayon solide de deux ou trois lignes d'épaisseur dans un vaisseau, où il y ait de l'eau de cinq ou six lignes de hauteur sur un fond blanc, on verra autour de la base lumineuse du rayon, une ombre fort obscure, & tout le reste du fond du vaisseau sera fort éclairé.

EXPLICATION.

a b c d dans la figure 22^e. représente la section de l'eau du vaisseau; *a d* est la surface supérieure de l'eau, & *b c* le fond du vaisseau, qu'on suppose très-blanc & peu éloigné de l'ouverture par où passe le rayon; E F est le diamétre de la base de la lumiére. TAB. VIII. Fig. 22.

Il est évident par ce qui a été dit en la troisiéme Supposition, que si les rayons E*q*, F*l*, font les angles E*qa*, F*ld*, plus grands que de quarante-

rante-deux degrez, une grande partie de la lumiére des rayons E*q*, F*l*, passera dans l'air, & il s'en refléchira peu en *q e* & *l* K; & que si les angles E*h a* & F*m d* sont moindres que de 41 degrez 20′, toute la lumiére des rayons E *h* & F *m* se refléchira vers le fond du vaisseau comme en *h r* & en *m g*.

Par les mêmes raisons, tous les autres rayons qui du rond lumineux dont EF est le diamétre, s'étendront entre *l* & *q*, ne refléchiront qu'une partie de leur lumiére, & ceux qui s'étendront au delà des points *m* & *h* sous un angle égal, ou moindre que E*h a*, se refléchiront entiérement: D'où il doit arriver, que les espaces K *b* & *e c* seront beaucoup illuminez, & que K E & F*e* le seront fort peu; & par conséquent la partie qui est entre *e* & F, auprès de la ligne illuminée EF, recevant cette foible lumiére, elle paroitra obscure en comparaison du reste qui est entre *e* & *c*. La même chose arrivera de l'autre part, & ainsi la ligne *e* K sera le diamétre de ce rond obscur, & le reste du fond du vaisseau sera fort éclairé, comme il est représenté dans la petite figure *y y*.

Il ne paroît point de jaune ni de bleu sensible en EF, parce que les rayons rompus sont reçus à une trop petite distance de *a d*, & que l'incidence étant peu oblique par l'hypothèse, la refraction est trop petite.

Si la hauteur de l'eau est plus grande que de cinq ou six lignes, le rond obscur sera plus grand; & si cette hauteur est au dessous de cinq lignes, il sera moindre: ce qui est aisé à prouver.

SECONDE APPARENCE.

Les prismes équilateraux de verre ne peuvent faire paroître en même tems que quatre lumiéres colorées, étant exposez au Soleil, & les prismes scalénes en peuvent faire paroître plus de huit.

EXPLICATION.

TAB. VII. Fig. 18. Le triangle équilateral ABC dans la figure dix-huitiéme, représente un prisme équilateral; DEF*g* est un rayon solide qui se rompt en HI & ensuite en QL; il y aura des couleurs fort vives en QL par le quatriéme Principe.

Une partie de la lumiére se refléchira de HI en MN, & se rompra en *o q*, où il n'y aura point de couleurs par le septiéme Principe, parce que les courbures DEH, HM*o*, sont égales, & que les parties extrêmes du rayon solide sont en de différentes situations. Le même rayon se refléchira de MN en RS, & se rompra en T *n*, où il y aura des couleurs, parce que la partie MRT reprend la même convéxité qu'elle avoit en DEH: Les couleurs en T*n* seront fort foibles, à cause que la lumiére se dissipe par la premiére refléxion sur AB, par la deuxiéme refraction en HQ, par la troisiéme en M*o*, & par la derniére refléxion du

du rayon MR en R*y*, & par conſéquent on aura beaucoup de peine à diſcerner cette derniére lumiére colorée en T *n*, celle qui ſe refléchira ſur le côté A C, en *u y*, & qui repaſſera dans l'air en *x z*, n'auroit point de couleurs quand elle ſeroit viſible, parce que la partie S *u*, qui vient de F*g*, ſe remet dans la convexité en cette cinquiéme refraction; mais la ſixiéme, qui ſe fera au delà de B C, après s'être refléchie de *u y* ſur B C, & qui pourroit être colorée, ſera entiérement inviſible par ſa foibleſſe. Les mêmes choſes arriveront à un rayon parallelle à D E F *g*, qui tombera ſur B C, comme K*b r d*; car, par les mêmes raiſons il ne fera paroître que deux lumiéres colorées.

Soit maintenant conſidéré le priſme ſcaléne de la figure 13e. Il a été prouvé que les deux rayons ſolides *a d* font paroître des couleurs en P N & en *g h* par une ſeconde refraction. On trouvera par le calcul, que le rayon G O retournera par reflexion ſur B C, & paſſera dans l'air, où il fera des couleurs dans la troiſiéme refraction; mais dans la quatriéme reflexion de B C ſur A B, ce même rayon ſe refléchira de B A ſur A C, & ſa lumiére repaſſera en partie au delà de A C, par une quatriéme refraction, où il fera des couleurs viſibles auſſi bien que dans la quatriéme refraction du rayon D *g* de la figure 18: donc ce ſeul rayon fera paroître ſa lumiére colorée en même tems, en trois endroits. Celui qui fait paroître ſa ſeconde refraction en *g h*, ſe refléchira ſur A C, & repaſſera dans l'air dans la troiſiéme refraction, où il fera des couleurs; le reſte de ſa lumiére ſe refléchiſſant ſur A C retournera en A B, qu'elle traverſera, & fera encore des couleurs viſibles, parce qu'elle ne ſera pas plus affoiblie que la lumiére T *n* dans la figure 18: Donc ce rayon fera paroître des couleurs en trois endroits.

Un autre rayon parallelle à *a b c d* tombant ſur A C entre H & C, fera ſa ſeconde refraction à travers B C, qui ſera fort colorée par le quatriéme Principe, & de même que l'eſt la refraction H L dans la figure 18.

La partie de ce rayon qui ſe refléchira ſur A B, s'y refléchira entiérement, d'où elle reviendra ſur A C, & paſſera à travers faiſant des couleurs en ſa troiſiéme refraction, & il s'en fera encore dans la quatriéme; mais un autre rayon qui tombera ſur A C entre A & D proche de A, ſe rompra ſur A B, d'où il ſe refléchira entiérement ſur B C, & le traverſera faiſant des couleurs aſſez vives. Par les mêmes raiſons il fera encore des couleurs en ſa troiſiéme & quatriéme refraction, ce qui fera en tout douze lumiéres colorées en même tems: mais il faut bien de l'exactitude pour les pouvoir toutes remarquer; j'en ai ſeulement remarqué quelques fois ſept ou huit en même tems, qui ſuivoient à l'égard de l'ordre des couleurs, & de leur vivacité ou foibleſſe, les régles qui ont été établies.

TROISIÈME APPARENCE.

Lors qu'on regarde une étincelle de feu, ou une étoile fort claire, à travers un prisme équilateral de verre situé de maniére que les rayons viennent à l'œil après deux refractions, elle paroît comme une ovale fort longue, colorée de rouge, de verd, & de violet; mais s'il se fait une reflexion entre les deux refractions, elle paroitra dans sa couleur & figure ordinaire.

EXPLICATION.

TAB. VIII. Fig. 23. Le triangle ABC dans la figure 23^e^. représente le prisme de la figure 16^e^; D est l'étincelle ou l'étoile; FG, la prunelle de l'œil; Q *e* L est une partie de la Choroïde; DI, DM, DK, sont trois rayons du point lumineux D, qui tombent obliquement sur BC, & qui passeroient après deux refractions en N*c*, O*e*, P*f*, selon les loix ordinaires de la refraction si l'œil étoit ôté; cette lumiére sera colorée par le quatriéme Principe; la ligne N *a* représente l'écart qui fait l'extrémité du violet; & P*d*, l'écart qui fait l'extrémité du rouge; O *e* est dans l'axe de la vuë, & selon les loix ordinaires de la Dioptrique, les rayons N*e*, O*e*, P*f*, se réüniront au point *e*; donc le centre de l'étoile sera vû comme au point *y*, dans la ligne visuelle *e x* O *y*, par la quatriéme Supposition: mais *x* étant le centre de la vuë & le rayon N *a* se rompant plus haut que le point *e* comme en *r* (il ne peut se rompre en *e*, à cause de sa trop grande divergence avec l'axe,) on verra l'extrémité du violet comme au point V dans la ligne visuelle *r x* V, selon la même qnatriéme Supposition.

Par les mêmes raisons, le rayon P *d* se rompant comme en *z* sur la Choroïde, on verra l'extrémité du rouge comme en T, dans la ligne visuelle *zx*T; & les écarts qui font le jaune & le bleu, passeront l'un sur l'autre dans un espace de la Choroïde entre *r*&*z*, où l'on a marqué des points noirs pour terminer cét espace; & par conséquent les lignes visuelles qui de ces points noirs passeront, l'une en *x* G, & l'autre en *x*H, termineront les extrémitez intérieures du rouge & du violet; il paroîtra un peu de jaune au dessous de G, & du bleu au dessus de H, par ce qui a été dit dans l'explication de la figure 17. Ainsi T G paroitra entiérement rouge, G H aura du verd dans son milieu, H V sera entiérement violet, & toute l'étincelle paroitra fort longue: elle paroitra aussi mediocrement large, par les mêmes raisons que les objets très-clairs paroissent plus grands qu'ils ne sont, étant vûs la nuit; la principale de ces raisons est, que les parties de la Choroïde contiguës à celles où se réünissent les rayons, en sont ébranlées, à peu près de même que s'il y tomboit quelques rayons, & ainsi l'aparence des objets est amplifiée.

Le violet sera en toutes ces apparences beaucoup plus étroit à son extrémité que le rouge, parce qu'étant plus foible ses parties extrêmes ne sont pas visibles.

Que si l'objet est grand comme R S, & qu'il occupe cinq ou six degrez dans le fond de l'œil, alors l'espace de la Choroïde, où tomberont les rayons du point R étant beaucoup éloigné de celui où tomberont ceux du point S, les rayons bleus & jaunes de cét objet, lequel paroitra comme en E F, ne se mêlant point ensemble sur la Choroïde, on verra du rouge en l'espace E 2, du jaune entre 2 & 3, du bleu entre 4 & 5, du violet entre 5 & F, tout le reste entre 3 & 4 paroitra blanc si l'objet est blanc, par le troisiéme & par le cinquiéme Principe.

Si on tourne le prisme en sorte que le premier rayon rompu du rayon qui vient du milieu de l'objet R S, soit parallelle au côté A B, on verra cét objet environ trois fois plus grand que s'il étoit vû sans le prisme, à cause des écarts qui font le rouge & le violet; & si on regarde la Lune de même, elle paroitra environ trois fois plus grande selon l'ordre des couleurs, que dans l'autre sens. Le verd qui paroitra au milieu, sera presque de la même grandeur que la Lune vuë sans le prisme; dont on connoitra la cause par la figure 17^{e}, qui est que l'écart du jaune du rayon C M K, & l'écart du bleu du rayon D M R, font le verd en l'espace R M K, & l'angle R M K n'est que d'environ 32'. 10". dans les prismes équilateraux, quand le rayon du centre de la Lune fait son premier rayon rompu parallelle à la base du triangle. Les couleurs qui paroissent aux extrémitez d'un grand objet sont beaucoup plus vives que celles qui paroissent aux extrémitez d'un petit objet, particuliérement le violet; car les écarts violets des parties proches du point F, fortifieront ceux de l'extrémité S, comme il a été montré en la 17^{e}. figure. Que si cét objet R S, ou l'étincelle, sont élevez plus haut, en sorte que leurs rayons tombent obliquement sur le côté A B, & se rompent sur B C, on verra les mêmes apparences, si ce n'est que le violet paroitra en haut, & le rouge en bas; mais alors il faudra diriger l'axe de la vûë, de maniére qu'il passe par la ligne A B, & au lieu que quand les rayons passent par A C, l'objet paroît beaucoup plus bas qu'il n'est, il paroitra beaucoup plus élevé quand les rayons passeront par A B, ce qui se prouvera par les mêmes raisons.

Le même prisme dans la figure 24^{e}. étant situé de même; si l'étoile est au dessus de A B, de maniére que le rayon solide *d b* qui en procéde, tombe dessus perpendiculairement, & passe sans se rompre jusques sur A C en *e f*; il se refléchira entiérement en *e h f g* sur C B, par la troisiéme Supposition, parce que l'angle *b e* A ne sera que de trente degrez; & il repassera dans l'air en *g* I *h* L sans se rompre, & l'œil recevant ce rayon en I L: l'étoile paroitra sans couleurs, car ce rayon *g* I *h* L sera sans couleurs, par le septiéme Principe. TAB. IX. Fig. 24.

Mais, parce qu'il ne se fait point d'écart dans les rayons *g* I, *h* L,

 à

à cauſe qu'ils ne ſouffrent point de refractions; ils ſe réüniront en un point ſur la Choroïde, & l'étoile ſera vuë petite, comme ſi le priſme étoit ôté; mais elle ſera vuë dans une ligne viſuelle, parallelle à *g* I, qui paſſera entre *g* & *h*.

On verra encore la même étoile ſans couleurs & fort petite, ſi ce rayon *d b* tombe obliquement ſur A B, comme on le voit en la figure: car il ſe rompra comme en *b* K *b m*, & ſe refléchira comme en *m o*, & ſe rompra enfin en *n p ó q*, où l'on ſuppoſe que l'œil le reçoit, & il n'aura point de couleurs ni d'écarts, par le ſeptiéme Principe; & par conſéquent on verra l'étoile petite & toute blanche ſelon la direction du rayon *p n q o*. Si on expoſe auſſi toute la ſurface A B directement au Soleil, on ne verra point de couleurs au delà du priſme: car C T étant perpendiculaire à A B, elle diviſera cette ligne également en T; & toute la lumiére qui paſſera entre A & T, fera de même que le rayon ſolide *d b* parallelle à T *c*, c'eſt-à-dire qu'elle ſe refléchira entiérement de la ſurface A C ſur B C, & paſſera au delà de B C, où elle ſera ſans couleurs. La lumiére qui tombera entre T & B, ſe refléchira de même de B C ſur A C, & paſſera au delà de A C ſans ſe rompre, & ſera auſſi ſans couleurs; & on verra deux lumiéres blanches deçà & delà de l'ombre que fera le priſme, ſi on le reçoit ſur quelque ſurface blanche; & ſi on regarde alors le Soleil à travers la ſurface C B & qu'on en puiſſe ſouffrir l'éclat, on le verra tout rond & blanc par le 7^e. Principe.

Les mêmes apparences ſe feront ſi l'objet eſt grand comme R S en la 23e. figure; car on le verra ſans couleurs, & dans ſa véritable figure: mais il paroitra en une ſituation renverſée, par la même raiſon qu'un miroir plat ſitué horiſontalement fait paroître renverſez les objets qui lui ſont perpendiculaires; car la ſurface repréſentée par A C, ſert de miroir en cette rencontre.

TAB. IX. Fig. 25. Le même effet arriveroit, ſi les baſes du priſme étoient quarrées comme A B C D. Car un rayon ſolide fort oblique comme *e f e* K, tombant ſur A B & ſe rompant en *g m*, feroit l'angle A *f g*, de quarante-huit degrez à peu près; & par conſéquent l'angle A *g f* feroit de quarante deux degrez. Donc par la troiſiéme Suppoſition, la lumiére ſe refléchiroit entiérement en *h n*, ſur C D, & ſe romproit une ſeconde fois en *i o* faiſant la courbure *i h g* égale à la courbure *e f g*, à cauſe de la ſimilitude des triangles *f g* A, *g h* C; & l'œil étant en *i o* verroit l'objet renverſé, & ſans couleurs, parce que les parties extrêmes auroient changé de ſituation. Mais ſi ce priſme étoit d'eau, ou de glace, il paſſeroit une partie de la lumiére du rayon *f g* K *m* par refraction en *g l*, par la troiſiéme Suppoſition, à cauſe que l'angle *f g* A feroit d'environ quarante huit degrez; & l'on verroit alors des couleurs en *p l*; comme on en voit par les rayons qui ont ſouffert deux refractions ſans reflexion dans un priſme de verre dont les baſes ſont triangulaires.

QUA-

QUATRIÉME APPARENCE.

Lors que les rayons d'un objet lumineux ou illuminé ayant paſſé par un priſme équilateral, raſent la derniére ſurface & ſont reçus dans l'œil; on voit l'objet beaucoup plus grand qu'il ne paroît ſans le priſme: mais ſi la premiére incidence de ces rayons eſt fort oblique, & la ſortie peu oblique; il paroitra beaucoup plus petit.

a b dans la figure 16ᵉ. eſt un objet médiocrement éloigné, & ſoutendant au centre de l'œil, un angle de deux degrez. Le rayon *f x* vient du point *b*, & fait l'angle A *x f* de 62ᵈ. 4′; on trouvera par le calcul que ſon ſecond rayon rompu *h* R fera l'angle C *h* R de 40′. *y d* eſt un autre rayon venant du point *b*; on le ſuppoſe à peu près parallelle à *f x*. *u d* eſt un rayon du point *a*, faiſant l'angle *u d y* de deux degrez. L *d n* eſt perpendiculaire à A B. L'angle *u d* L ſera de 29ᵈ. 56′; ſon ſinus eſt 49899. 33266, qui eſt les deux tiers de ce nombre, eſt le ſinus de l'angle diminué *n d p* de 19ᵈ. 26′. Donc B *d p* ſera de 70ᵈ. 34′. & B *p d* de 49ᵈ. 26′. Et en continuant le calcul on trouvera que le ſecond rayon rompu *p* 3 fera l'angle C *p* 3 de 12ᵈ. 42′, & que C *h* R étant de 40′, l'écart des rayons *p* 3 & *h* R ſera de 12ᵈ. 2′. Donc l'œil recevant ces deux rayous *p* 3 & *h* R, il verra l'objet *a b* comme s'il étoit de 12ᵈ. 2′; & y ajoutant les écarts du rouge & du violet, cét objet paroitra plus de ſix fois plus grand que s'il étoit vû ſans le priſme. Mais, ſi réciproquement un autre objet eſt compris entre les lignes *p* 3 & *h* R continuées, & que l'œil ſitué en *u y*, recoive ſes rayons à travers le priſme; il paroitra ſous l'angle *u d y* de deux degrez, & ajoutant un degré pour les écarts du rouge & du violet, cét objet paroitra alors plus de quatre fois moindre que s'il étoit vû ſans le priſme. On trouvera de ſemblables effets à peu près dans un priſme ſcaléne comme celui de la figure 10ᵉ, & on le prouvera par un ſemblable calcul, ſoit que les rayons viennent à l'œil après deux refractions ou ſeulement après une.

TAB. VII. Fig. 16.

CINQUIÉME APPARENCE.

S'Il y a quelque fonds blanc A B, *dans lequel il y ait un rectangle noir a b d c d'environ un pouce de largeur, & que vous le regardiez à neuf ou dix piés de diſtance à travers un priſme équilateral, vous verrez l'eſpace a b c d, d'un rouge de pourpre.*

TAB. IX. Fig. 26.

EXPLICATION.

L'Eſpace blanc du papier qui eſt au deſſus de la ligne *a d*, doit produire dans l'œil du bleu, qui paroitra s'avancer juſques à *e* T, & du violet, qui paroitra s'étendre juſques à *b c*, par le premier & par le

2ᵉ. Principe, & par la 4ᵉ. Suppoſition. Mais l'eſpace blanc qui eſt au-deſſous de *b c*, doit faire paroître du rouge depuis *b c* juſques à *a d*, & du jaune depuis *b c* juſques à *g h*, par les mêmes Principes. D'où il s'enſuit, que le violet du blanc ſupérieur, & le rouge du blanc inférieur, tomberont ſur le fond de l'œil aux mêmes endroits où tombe l'image de l'objet noir *abcd*; & ſe confondant enſemble ils feront paroître par leur mélange un rouge de pourpre, lequel à cauſe de ſon éclat empêche que le noir ne faſſe aucune impreſſion ſur la vuë.

On connoitra facilement cette vérité, ſi on regarde le même objet à trois ou quatre piés de diſtance: car alors le violet ſupérieur ne s'étendra que juſques au tiers de l'eſpace noir à peu près, & le rouge de même; & par ce moyen on verra du noir dans le milieu, du rouge & du jaune au deſſous du noir, & du violet & du bleu au deſſus.

On s'aſſurera encore de ce mélange du rouge & du violet, en regardant à dix piés de diſtance, le même objet, après avoir mis du noir dans les eſpaces *pbmn* & I L K *d*, comme la figure le montre: car l'eſpace *abpr* ſera d'un vrai rouge & fort diſſemblable à celui qui paroît en *abcd*, & l'eſpace *d*K *c o* paroitra violet; d'où l'on connoitra évidemment, que la couleur qui paroît en *a b c d*, ſe fait par le mélange d'un rouge ſemblable à celui qui paroît en *ab pr*, & d'un violet ſemblable à celui qui paroît en *d*K*oc*.

On voit un ſemblable effet, lors qu'étant dans une chambre, on regarde à travers un priſme, un châſſis de verre ou de papier fort éclairé, dans une diſtance de dix ou douze piés: car le haut du premier quarré du châſſis paroitra d'un vrai rouge; mais le haut de tous les autres quarrez au deſſous, paroitra d'un rouge de pourpre, à cauſe que le violet du bas du quarré ſupérieur ſe méle avec le rouge, produit par le quarré qui eſt au deſſous, & ces deux couleurs s'avancent ſur la petite largeur de bois qui eſt entre deux, qui ne fait point paroître ſes couleurs, parce qu'elles ſont trop obſcures. Par ces apparences on peut reſoudre le Problême de Phyſique ſuivant, qui eſt aſſez ſurprenant.

PROBLÊME DE PHYSIQUE

Trouver un objet tel qu'étant regardé à travers un priſme de verre, on puiſſe voir du rouge vers le haut & du bleu vers le bas, ou du bleu vers le haut & du rouge vers le bas, ou toutes les deux extrémitez rouges, ou toutes deux bleuës, ou toutes deux ſans couleurs; ſans changer la ſituation de l'œil, ni du priſme, ni de l'objet, ni ſans rien mettre entre deux.

TAB. IX. Fig. 27. Pour reſoudre ce Problême, il faut choiſir un objet comme *gh*, long de ſept à huit pouces; de telle largeur qu'on voudra, comme de deux pouces; & qui ſoit d'une couleur peu vive, comme eſt celle du bois, ou du papier gris. Car ſi on met un fonds noir A B C D, par derriére; le haut *g m* paroitra rouge, & le bas *h f* paroitra bleu, comme il a été

expliqué dans la troisiéme Apparence. Si tout le fonds A B C D est blanc, l'extrémité *g* paroitra bleuë & violette, & l'autre extrémité *h* paroitra rouge & jaune, non pas par leur propre lumiére, mais par celle du fonds, qui sera plus forte, & avancera son rouge depuis *h* jusques en *f*, par le second Principe: Il paroitra du bleu en l'espace *g m*, & du violet en l'espace *g n*.

Que si la moitié du fonds est blanche, savoir A E F B, & l'autre moitié E D C F noire; il paroitra du bleu en *gm* & en *hf*. Mais si au contraire la moitié E B est noire, & l'autre blanche; les deux extrémitez *g* & *h* paroitront rouges par les raisons ci-devant. Enfin, si tout le fonds est d'une couleur qui n'ait pas plus d'éclat que celle de l'objet *gh*, alors ses extrémitez paroitront dans leur couleur naturelle, parce que le rouge du fonds détruira le bleu de l'objet, & le rouge de l'objet détruira le bleu du fonds; & il arrivera la même chose, que quand on regarde à travers un prisme le milieu d'un grand espace tout d'une même couleur, lequel paroît toujours avec sa propre couleur.

SIXIÉME APPARENCE.

Si on met un oculaire convexe A B, *dans une ouverture de même largeur faite dans un ais, ou dans quelque autre corps opâque, & qu'on y reçoive la lumiére du Soleil directement; la lumiére, après avoir traversé le verre, sera rouge & jaune vers ses extrémitez entre le verre & son foyer; les extrémitez de la même lumiére seront bleuës au delà du foyer; mais l'intérieur de la lumiére sera blanc de même que toute celle qui est, au foyer.*

EXPLICATION.

A B dans la figure 28^e. est une lentille, également convexe des deux côtez; *e* est le centre de la convexité A *d* B; C *d e* F est l'axe de la lentille, par où passe un rayon du centre du Soleil; E *d* est un rayon d'une extrémité du disque du Soleil, & *f d* un rayon de l'autre extrémité opposée; *g* I, *l* B, sont deux rayons parallelles à E *d*; *m* I, *n* B, sont deux autres rayons parallelles à *f d*; les rayons *m* I, *n* B, se rompront en leur foyer *o*, où ils s'entrecouperont, & passeront en G & *h*, & les rayons *g* I, *l* B, se rompront en leur foyer *p*, & passeront en *q* & R. TAB. IX. Fig. 28.

Or, si tout l'espace A I de la lentille étoit couvert, il se feroit un même effet dans l'ouverture B I, que dans celle d'un prisme; savoir, que les rayons *l* B, *g* I, feroient du rouge & du jaune, parce qu'ils seroient dans la convexité de la courbure; & *n* B, *m* I, feroient du bleu & du violet, parce qu'ils seroient dans la concavité: la même chose arriveroit vers le point A, s'il y avoit un petit endroit découvert. D'où il s'ensuit, que si on découvre tout le verre A B, cela ne changera rien

aux

aux rayons extrêmes B *p* & A *o*, & le rouge & le jaune y paroitront; mais le rayon B *o* ne pourra manifester son bleu entre B & *o*, parce qu'il y tombe beaucoup d'autres rayons de diverses parties du Soleil qui le coupent, & par le Principe troisiéme il n'y paroitra point de couleurs; mais au delà du foyer *o*, ce rayon B *o* passant en G, se sépare de tous les autres & leur devient extérieur, & par ce moyen il manifeste son écart bleu & violet en G, au lieu que le rayon B *p* rentre au dedans de la lumiére & vient en R, où il rencontre beaucoup de rayons des autres parties du Soleil, qui détruisent sa couleur rouge, & font paroître cét endroit blanc par le même troisiéme Principe.

Par les mêmes raisons, le bleu paroitra en *p* N, & le rayon A *o* M, qui manifestoit son rouge jusques près du foyer *o*, le perdra depuis ce foyer jusques à M.

Que si on met entre le foyer & le verre un corps opâque comme *y* V, où il y ait une petite ouverture T, par laquelle une partie de la lumiére passe en *r b*, l'extrémité de cette lumiére vers *r* paroitra rouge, & l'autre extrémité vers *b* paroitra bleuë, par les mêmes raisons que lors qu'on ne laisse qu'une petite ouverture en I B. Mais si on met au delà du foyer *o p* le même corps opâque percé du même trou, en sorte que la lumiére qui y passera tombe au même endroit *b r*; le contraire arrivera: car l'extrémité vers *b* sera rouge, & l'extrémité vers *r* sera bleuë, ce qui se prouve en cette sorte. Ayez un corps opâque *u x*, rencontrant les rayons *p q*, *o h*, au point *x* où ils se coupent; il est clair par les choses qui ont été dites dans l'Explication de la figure 17[e], que l'écart rouge du rayon *p x q* se séparera de tout le reste de la lumiére, & son action n'étant point empêchée par d'autres rayons, son rouge se manifestera dans l'extrémité de la lumiére vers *b* & *q*; mais l'écart bleu du rayon *o x h* recevra d'autres rayons en *h*, qui effaceront son bleu, & la lumiére y paroitra blanche: le contraire arrivera, si on ôte ce corps opâque *x u*, & qu'on en mette un autre comme *s x*; car le rayon *x h* se séparera du reste de la lumiére, & fera paroître son écart bleu au delà de *h* vers *r*. Donc, si on met un corps opâque *s x u* percé d'une petite ouverture en *x*, son extrémité du côté du point *s* laissera passer un rayon comme *x h*, qui fera paroître du bleu en *h* & vers *r*; & l'autre extrémité de l'ouverture du côté du point *u*, laissera passer le rayon *x q*, & quelques autres fort proches, qui feront paroître du rouge & du jaune vers *q* & vers *b*.

SEPTIEME APPARENCE.

Lors que le Soleil éclaire fort obliquement de l'eau claire & calme, si on met un corps opaque vers le milieu, soit qu'il touche l'eau, ou qu'il en soit un peu éloigné; on verra du bleu dans la pénombre plus éloignée du Soleil, & du rouge dans la plus proche.

EXPLICATION.

AB est la surface supérieure de l'eau, & CD le fond, qu'on suppose être d'une matiére blanche; EF est le corps opâque; GH l'ombre de ce corps; GI, LH, les pénombres; *m e*, ME, NF, *n f*, sont les rayons du Soleil qui passent vers les extrémitez du corps opâque EF, & qui se rompent en *p* G, & HO: il paroitra du rouge en la pénombre GI, & du bleu en la pénombre LH. Car, si on couvre avec des corps opaques les espaces A *e* & *f* B, en sorte qu'il ne passe aucune lumiére, qu'entre F *f* & *e* E; il est évident par ce qui a été dit dans l'Explication des figures neuf & dix, & par le premier Principe, qu'il y aura du rouge jaunâtre en K *o* & en G *i*, dans les convexitez des courbures, & qu'il y aura du bleu en LH & en *q p*, dans les concavitez: Mais si on ôte les deux corps opâques *f* B & A *e*, & qu'il ne reste que le corps EF; il n'arrivera aucun changement aux lumiéres qui sont en LH & GI, parce qu'il n'y viendra aucuns rayons de la lumiére qui passera par A *e* & par *f* B, & par cette raison elles conserveront leurs couleurs; mais les écarts rouges qui étoient vers *o* K, & les bleus qui étoient vers *p q*, recevront plusieurs rayons qui y viendront de toutes les parties du Soleil; & par conséquent le rouge & le jaune disparoitront en *o* K, & le bleu en *p q*, & la lumiére y sera toute blanche par le troisiéme Principe; d'où il s'ensuit qu'on verra seulement du bleu dans la pénombre LH, & du jaune vers la pénombre G *i*. TAB. IX. Fig. 29.

HUITIÉME APPARENCE.

Lors qu'on regarde fort obliquement un objet blanc comme EF, au fond d'un vaisseau plein d'eau, l'objet étant fort illuminé, & le vaisseau de couleur brune, on verra son extrémité vers F bleuë, & celle vers E rouge. TAB. X. Fig. 30.

EXPLICATION.

ACDB représente le vaisseau; OP est la surface de l'eau; EF l'objet; les rayons E *g*, E *h*, qui tombent sur cette surface OP, se rompent comme en *g n*, *h* I; & les rayons F *g*, F *h*, se rompent en *g m*, *h* L: d'où il suit que le rayon *g n*, qui vient du point E, sera dans la convexité de la courbure; & que *h* L, qui vient du point F, sera dans la concavité: il suit aussi que l'œil étant en L I *m n* recevra sur la Choroïde l'écart de *g n*, qui sera rouge, plus haut que le point *n*; donc par le premier Principe, & par ce qui a été dit dans l'explication de la troisiéme Apparence, il verra du rouge vers E. TAB. X. Fig. 30.

Par de semblables raisons il verra du bleu vers F, par l'écart du rayon *h* L; & par conséquent l'extrémité F paroitra bleuë, & l'autre extrémité E paroitra rouge.

On connoitra encore cette vérité, si l'on considére l'objet E F comme un corps lumineux: car sa lumiére rompuë en L *n* seroit colorée de bleu vers L, & de rouge vers *n*, par le premier Principe; mais par la quatriéme Supposition, les rayons qui viennent du point E & du point F, font une décussation dans l'œil, & par conséquent l'œil étant en L *n* verra le point E rouge & le point F bleu.

On verra une semblable apparence, si l'objet E F est couvert d'un verre à boire, ayant la figure d'un cone, comme *y* Q *z*, plein d'air & couvert d'eau: Car un rayon comme F *q* passant de l'air qui est sous le verre, dans l'eau qui est à l'entour, se rompra comme en *q s*, & se rompra une seconde fois comme en *s m*, par la troisiéme Supposition; Un autre rayon du même point F, comme F *r*, se rompra comme en *r o*, ensuite comme en *o* L; Il y aura aussi un rayon comme E *d* qui se rompra en *d u*, & viendra comme en *n*, en sa deuxiéme refraction; & un autre du même point E, qui aprés deux refractions viendra comme en I; ce qui fera une apparence de couleurs vers les extrémitez de l'objet E F comme si le verre n'y étoit pas; les couleurs seront foibles dans l'une & l'autre expérience, si l'objet n'est pas très-blanc & beaucoup illuminé: mais il y aura deux autres apparences fort surprenantes; la premiére, que l'œil étant placé en L *n*, il verra l'objet E F au haut du verre; comme entre R & Q, selon la direction des rayons *m s*, *n u*.

La seconde, que l'œil étant placé plus près du point B comme en K, il ne verra point l'objet E F; ce qui procéde de ce qu'il ne recevra aucun de ses rayons. Car il ne recevra point les rayons rompus *s m*, *u n*, *o* L, puis qu'il sera élevé au-dessus d'eux. Il ne recevra pas aussi ceux qui tomberont vers le point R, comme F R: car la premiére refraction de F R étant comme en R *b*, & la seconde comme en *b* 3, ce rayon *b* 3 passera encore au dessous du point K, & par conséquent l'œil ainsi placé ne verra point cét objet; ce qui n'arrivera pas si on fait sortir l'air de dessous le verre en le couchant dans l'eau & le remettant en sa premiére position: car le verre étant alors plein d'eau, il ne fera point de refractions ni en *r* ni en *d*, & celle qui se fera dans la petite épaisseur de la matiére du verre, n'empêchera point considérablement la rectitude des rayons dans l'eau, à cause que les surfaces de cette épaisseur sont paralleles. Donc l'œil étant en K verra E F par des rayons rompus comme *a* K, *e* 4; dont le premier viendra du rayon F *r a*, qui se rompra en *a* K, & l'autre du rayon E *d e*, qui se rompra en *e* 4: & en ce cas l'objet paroitra à l'œil qui sera placé en K 4, comme si le verre n'y étoit pas. On pourra par ce moyen donner de l'étonnement à ceux qui auront les yeux placez comme en K 4, en leur faisant paroître ou disparoître, quand on voudra, une piéce d'argent qui sera en E F, en la couvrant avec un verre, où il y ait successivement de l'air & de l'eau.

NEUVIEME APPARENCE.

Les verres taillez à facettes, les plumes des ailes des oiseaux, les cheveux, les poils des paupiéres, font paroître diverses couleurs dans les objets lumineux, ou fortement illuminez, & les font voir en plusieurs endroits.

EXPLICATION.

A E est un verre taillé à facettes, représentées par les lignes A *b*, *bc*, *c* E, E *d*, *d e*, *e* A; la ligne *a f* représente l'objet, qu'on suppose être blanc; les surfaces A *b*, *c* E, recevant des rayons de cét objet, les mêmes effets se feront sur l'œil étant au point *x*, que s'ils avoient traversé un prisme de verre, puis que la partie A *b e* est faite comme un prisme, aussi bien que *c* E *d*: donc, par les mêmes raisons qui ont servi à expliquer les couleurs de l'objet R S dans la troisiéme Apparence, l'objet *a f* paroitra en *h g* avec les écarts *g o* & *h n*; le point *a* paroitra vers *g o* avec du violet & du bleu; & le point *f*, vers *h n* avec du rouge & du jaune. TAB. X. Fig. 31.

Par de semblables raisons, on verra le même objet *a f*, en *i* K, ayant du rouge & du jaune en l'écart *i m*, où paroît l'extrémité *a*, & du violet & du bleu en l'écart K *p*, où paroît l'extrémité *f*; & si l'objet *a f* étoit fort petit, on verroit du verd dans le milieu de *g h* & de *i* K, par le sixiéme Principe.

Les rayons qui tomberont sur les surfaces parallelles *b c*, *e d*, feront voir l'objet *a f* à peu près dans le même lieu où il est, & dans sa même grandeur, & il paroitra sans couleurs, par le septiéme Principe: donc cét objet sera vû en trois endroits.

Il est aisé de juger qu'il paroitroit en plusieurs autres endroits, s'il y avoit davantage de facettes, & que la plupart de ces apparences seroient de diverses couleurs, plus ou moins vives, selon que les refractions seroient plus ou moins grandes: Et parce que le milieu de chaque petite plume transversale d'une plume de l'aile d'un oiseau a quelque partie taillée en prisme, & qu'elle est un peu transparente, particuliérement dans les ailes des allouëttes & de la plupart des autres petits oiseaux; celles à travers lesquelles on regardera des objets lumineux, feront paroître ces objets avec des couleurs différentes, semblables à celle que les prismes font paroître.

Les poils sont composez intérieurement de plusieurs fibres, & il s'y fait plusieurs refractions différentes, de même que dans les verres taillez à facettes: & par cette raison, si vous regardez la flamme d'une chandelle, & que vous teniez un cheveu perpendiculairement au devant de la prunelle de l'œil; il vous paroitra un rayon à droite, & un à gauche, chacun composé de plusieurs petites apparences de flammes de chandelle

diverſement colorées, celles à gauche ayant leurs couleurs en un ordre contraire à l'ordre de celles qui paroiſſent à droite. D'où il eſt évident, que ſi on ferme les yeux à demi en regardant une chandelle allumée, on doit voir pluſieurs de ces rayons à travers les poils des paupiéres. Il eſt vrai qu'il paroît ſouvent deux grands rayons ſans couleur, l'un en haut, & l'autre en bas, quand on regarde une chandelle allumée en fermant un peu les yeux: mais ces rayons là procédent des reflexions qui ſe font ſur les bords intérieurs des paupiéres, leſquels étant fort polis refléchiſſent cette lumiére, & la font paſſer dans les yeux: On le pourra croire facilement, ſi on approche une ſurface polie fort près de l'œil, la tenant de maniére que la lumiére de la chandelle puiſſe ſe refléchir dans l'œil; car on verra par ce moyen l'un ou l'autre de ces grands rayons ſans couleurs.

Les couleurs qui paroiſſent dans les diamans taillez à facettes, procédent de la reflexion de quelques rayons de lumiére, qui ayant pénétré le diamant, ſoit directement, ſoit en ſe rompant, ſe refléchiſſent ſur ſes derniéres ſurfaces, & en reſſortant à l'air font quelques autres refractions qui leur donnent des couleurs différentes, comme s'ils avoient paſſé par un priſme.

On pourra expliquer par de ſemblables raiſons, les apparences de couleurs produites par toutes ſortes de matiéres tranſparentes, quand on les voit de près, & qu'on peut connoître leurs figures. Mais, quand les matiéres tranſparentes qui font paroître des couleurs, ſont éloignées, & qu'on ne peut connoître leurs figures que par conjecture; ou bien ſi leurs figures étant connuës, leurs différentes parties font faire des refractions différentes aux rayons parallelles qui tombent deſſus: il eſt très-difficile de ne s'y point embaraſſer.

On pourra connoître ces difficultez dans les diſcours ſuivans.

DIXIÉME APPARENCE.

L'ARC-EN-CIEL.

CEtte apparence eſt plus difficile à expliquer que les autres, puis qu'on peut ignorer qu'elle ſe faſſe dans les goutes de la pluië, ou qu'on peut croire qu'elle procéde de la ſeule reflexion des rayons du Soleil ſur la partie convexe de ces goutes; & dans ces deux cas il eſt évident qu'on ne peut rien dire qui ait la moindre apparence de vérité. On en verra un exemple, ſi on lit avec un peu d'attention les raiſonnemens d'Ariſtote dans le quatriéme chapitre de ſon troiſiéme livre des *Météores*.

Ceux qui ſont perſuadez par beaucoup d'obſervations, que l'Arc-en-ciel ſe fait par refraction dans les goutes de la pluië, ne laiſſent pas d'y trouver beaucoup de difficultez, dont les principales ſont; que quel-

ques-

ques-uns des rayons qui viennent d'un même point du Soleil, ſe coupent en leur premiére refraction au dedans de la goute; qu'il y en a qui ne ſe coupent qu'en leurs refléxions, & qu'il y en a encore qui ne ſe coupent, ni dans leurs refractions, ni dans leurs reflexions; que pluſieurs des rayons qui ſont parallelles ou ſenſiblement parallelles avant que d'entrer dans la goute, reprennent en ſortant aprés deux refractions & une reflexion, le même parallelliſme & la même diſtance entre eux, & demeurent en la même ſituation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures; & enfin qu'il y en a pluſieurs autres qui changent cette ſituation, & deviennent fort divergens entre eux.

Or, toutes ces différences doivent faire des effets différens; & ſi elles ne ſont pas connuës, il eſt manifeſte qu'il eſt impoſſible qu'on ne ſe trompe pas dans l'explication des apparences qu'elles produiſent.

Jean Fleiſcher de Breſlau en Siléſie, dans un livre qu'il a fait imprimer en 1571, explique les couleurs de l'Arc-en-ciel par la refraction, & par la reflexion des rayons du Soleil ſur les goutes de la pluïe; il ſuppoſe qu'il ſe fait deux refractions de ſuite dans une même goute, & une reflexion ſur la ſurface convexe d'une autre goute en cette ſorte.

B eſt le Soleil; *c d* eſt une goute de pluïe; le rayon ſolide B *c* ſe rompt en *c d*, & de *c d* en *d e* ſur la goute E, d'où il ſe refléchit ſur les yeux en A. Mais cét Auteur n'a pas pris garde, qu'aprés deux refractions de ſuite en une même goute, les rayons s'entrecoupent au dehors, & deviennent trop divergens au delà de leur interſection, & qu'ils le deviennent encore plus lors qu'ils tombent ſur la convexité d'une ſeconde goute, & par conſéquent ils ne peuvent s'étendre avec aſſez de force juſques à l'œil. TAB. X. Fig. 32.

On ne peut auſſi expliquer par cette hypothéſe, ſous quel angle l'Arc-en-ciel doit paroître, ni l'ordre des couleurs; d'où il s'enſuit qu'elle eſt inſuffiſante.

REMARQUE.

La refraction d e eſt appellée dans cette figure 32, la ſeconde refraction: mais dans d'autres figures où elle n'eſt point conſidérée, on appelle la ſeconde refraction celle qui eſt la troiſiéme; & même celle qui eſt la quatriéme, s'appelle la ſeconde, quand la deuxiéme & la troiſiéme ne ſont point conſidérées. Ainſi dans la figure 34ᵉ. on appellera I *d la ſeconde refraction, parce qu'on ne conſidére pas la ſeconde* T *u.*

Il faut auſſi remarquer que la lumiére du rayon n O *s'affoiblit par la premiére reflexion en* O *z, par la ſeconde refraction en* T *u, par la troiſiéme en* I *d, & ainſi de ſuite.* TAB. X. Fig. 34.

Antoine de Dominis Auteur Italien, dans un livre imprimé en 1611, explique aſſez bien l'Arc-en-ciel intérieur par deux refractions, & une reflexion dans une même goute, en quoi il a prévenu M. *Deſcartes*.

Mais il s'eſt trompé en ce qu'il a crû que les rayons qui tombent ſur les extrémitez des goutes, produiſoient l'Arc-en-ciel extérieur par deux refractions & une ſeule reflexion : car on trouve par le calcul que ces rayons dans leur ſeconde refraction doivent faire un angle beaucoup moindre avec le rayon du Soleil qui paſſe par l'œil, que celui ſous lequel on voit l'Arc-en-ciel intérieur ; & cependant l'Arc-en-ciel extérieur fait cét angle beaucoup plus grand que l'Arc-en-ciel intérieur : joint à cela que les rayons qui tombent fort obliquement ſur une goute d'eau, ne font point de couleurs ſenſibles dans cette ſeconde refraction, comme on le fera voir dans la ſuite de ce diſcours.

Enfin M. *Deſcartes* a expliqué l'Arc-en-ciel intérieur par deux refractions & une reflexion, & l'extérieur par deux refractions & deux reflexions ſur une même goute d'eau, avec tant d'exactitude & de vraiſemblance, qu'il y a eu peu de Savans qui n'en ſoient demeurez ſatisfaits.

Il y a pourtant dans ſes raiſonnemens trois difficultez conſidérables.

1°. Il a crû que le verd de l'Arc-en-ciel étoit une couleur principale, au lieu qu'il ſe fait par le mélange des rayons bleus & jaunes.

2°. Il n'a pas remarqué que les rayons extrêmes qui font le rouge, font leur refraction beaucoup moindre que ſelon la proportion de 4 à 3, & que ceux qui font le violet la font beaucoup plus grande.

3°. Il a crû que quand les ſecondes refractions étoient en un même ſens que les premiéres, & ne ſe redreſſoient point, la lumiére conſervoit la diverſité des couleurs : ce qui eſt ſouvent faux, comme il a été expliqué dans la figure 18e, où le rayon M*o*N*q* eſt ſans couleurs, quoique les courbures DEH, HM*o*, ſoient en un même ſens ; & dans la figure 24e, où l'on voit que le rayon *dbdb* tombant ſur le côté AB d'un priſme, ſe rompt en *b*K*bm*, ſe refléchit en K*nmo*, & ſe rompt encore en *npoq*, ſans faire paroître de couleurs en cette ſeconde refraction, quoique le rayon ſoit toujours courbé en un même ſens. Il paroît auſſi des lumiéres ſans couleurs à ceux qui regardent une phiole pleine d'eau expoſée au Soleil, comme l'enſeigne cét Auteur, lors qu'après avoir vû ſucceſſivement du rouge, du jaune, du verd, du bleu & du violet, on avance encore un peu l'œil ; car alors on voit un petit rond de lumiére vers l'extrémité de la phiole, où les couleurs ont paru, & un autre plus grand vers le milieu de la phiole, l'un & l'autre ſans couleurs ſenſibles, quoique les rayons qui font paroître ces lumiéres, viennent à l'œil après deux refractions, & une reflexion en un même ſens, auſſi bien que ceux qui font paroître les couleurs.

Il eſt donc néceſſaire pour bien éclaircir ces choſes de faire voir d'où vient qu'il paroît des couleurs ſous un angle d'environ quarante-deux degrez, & qu'il n'en paroît point ſous ceux qui ſont au deſſous de quarante degrez & au deſſus de quarante-quatre dans l'Arc-en-ciel intérieur : ce que M. *Deſcartes* n'ayant pas fait, & s'étant contenté de dire qu'il

venoit

venoit plus de lumiére à l'œil ſous les angles de quarante-un & de quarante-deux degrez, que ſous les autres angles, ſans prouver que cette lumiére doit être colorée; il s'enſuit qu'il n'a pas ſuffiſamment démontré l'Arc-en-ciel.

Voici ma maniére de l'expliquer.

EXPLICATION DE L'ARC-EN-CIEL.

Le cercle A B C D repréſente la ſection d'une goute d'eau: A B, B C, ſont des quarts de cercle: E A *e* C repréſente un rayon du milieu du diſque du Soleil, paſſant par le centre *e*; on ſuppoſe que tous les rayons qui viennent de ce point ſont parallelles entre eux, à cauſe du grand éloignement du Soleil, ſelon la premiére Suppoſition; tels ſont les rayons *g h*, *l m*, *n* O, P *q*, Z S. TAB. X. Fig. 33.

Pour ſavoir où ces rayons ſe doivent rompre ſur l'arc B C, on en fait le calcul ſelon les loix de la refraction expliquées dans la troiſiéme Suppoſition en cette maniére.

L'Arc A O eſt ſuppoſé de 59d. 30'; *n* O *y* eſt parallelle à E A C; *e* O R eſt une ligne droite; l'angle A *e* R eſt de 59d 30', & il eſt égal à l'angle d'incidence *n* O R; donc *e* O *y* eſt auſſi de 59 degrez 30'. Le ſinus de cét angle eſt 86162, dont les trois quarts ſont 64621 ½, ſinus de l'angle diminué 40d. 15', 30"; la différence de 59 degrez 30' & de 40 degrez, 15', 30", eſt 19 degrez, 14', 30", pour l'angle de refraction *y* O T compris du rayon rompu O T, & de la ligne O *y*; & parce que les arcs O B, B *y*, ſont chacun de 30 degrez 30'; & que l'arc *y* T eſt de 38 degrez 29', puis qu'il ſoutient à la circonférence l'angle *y* O T de 19 degrez 14'. 30", tout l'arc B T ſera de 68 degrez 59', & il ne reſtera pour l'arc T C que 21d. & une minute; (il y a un peu moins d'une minute, mais on prend ici groſſiérement les ſinus, ſans conſidérer les petites fractions.)

On trouvera par un ſemblable calcul tous les points de la circonférence B C, où ſe rompront les rayons parallelles à E A C, qui tomberont ſur la circonférence A B. Ainſi on trouvera que tous les rayons qui tombent entre A & O, ſe rompent d'ordre, c'eſt-à-dire, que le plus proche qu'on prendra du point A, ſe rompra le plus près du point C, comme *g h* ſe rompt au point L, qui eſt plus près du point C, que le point *x*, où ſe rompt le rayon *l m*; & ainſi de ſuite juſques au rayon *n* O, qu'on ſuppoſe être le dernier qui ſe rompra ſelon cét ordre au point T, ſoit que l'arc A O ſoit préciſément de 59d. 30', ou qu'il ſoit plus grand ou moindre de quelques minutes ou de quelques ſecondes.

Les autres rayons juſques au rayon Z S, qui eſt ſuppoſé tomber très-près du point B, & qu'on peut calculer comme s'il tomboit à 90 degrez du point A, ſe rompent en un ordre contraire; car le rayon P *q* ſe rompra comme en *x*, & le rayon Z S, comme au point L, qui eſt à 7d. 12'.

dû

du point C; & si l'arc A *h* est de 14 degrez 37′, le rayon rompu de *g h* tombera à fort peu près sur le même point L: Les rayons rompus de P *q* & de *l m* pourront tomber au même point *x*, &c.

TAB. X. Fig. 34. Le rayon *n* O dans la figure trente-quatriéme étant le même que dans la figure trente-troisiéme; le rayon rompu O T se refléchira en T I, par la seconde supposition, si T I est égale à T O, & ce rayon se rompra en I *d*; le rayon rompu I *d* fera avec I *f* parallelle à E A C, un angle double de l'angle T *e* C, c'est-à-dire, que si cét angle T *e* C est de 21 degrez 1′, l'angle *f* I *d* sera de 42^d. 2′, ce qui se prouve ainsi.

DÉMONSTRATION.

SOit tirée T *e* R; & T *g* étant prise égale à T C, ou R A, si on tire *g e* L *x*, l'arc I R sera égal à l'arc R O, à cause que T I, T O, sont égales; l'arc I L sera aussi égal à l'arc A O; mais le rayon T O se devant rompre réciproquement en O *n* parallelle à E A, aussi T I se rompra en I *d* parallelle à *g e* L *x*, car tout est égal de part & d'autre; donc si I *f* est parallelle à E A C, l'angle *f* I *d* sera égal à l'angle E *e x*, ou *g e* C, & par conséquent il sera double de l'angle T *e* C.

La même démonstration servira pour tous les rayons parallelles à E A C, qui tomberont sur l'arc A B. On pourra donc trouver facilement par le calcul, l'arc T C qui convient à chaque rayon, & ensuite l'arc I D, quand le rayon refléchi n'arrive pas jusques à D.

On trouvera aussi tous les angles *f* I *d*, qui sont ceux que font les seconds rayons rompus, avec des lignes parallelles à E A C: cét angle est *f* D *d*, si le rayon refléchi tombe sur D & que *f* D soit parallelle à E A C; mais si le rayon refléchi passe au delà du point D, comme le rayon *t n*, qui vient de P *q*, rompu en *q t* & refléchi en *t n*, cét angle sera *f n d*.

On trouvera aussi aisément par le calcul, les arcs D *n*, & les angles *f n d*. Or la connoissance de ces arcs T C, & I D, ou D *n*, & de ces angles *f* I *d*, ou *f n d*, est entiérement néceſsaire pour expliquer l'Arc-en-ciel intérieur: car le rayon I *d* est un de ceux qui font le rouge de cét Arc-en-ciel, comme il sera montré ensuite; & les arcs T C, & I D ou D *n*, font connoître les rayons qui se coupent dans la goute, & ceux qui ne s'y coupent pas; & les angles *f* I *d* ou *f n d* font connoître les rayons qui après la seconde refraction s'écartent, ou se coupent, ou sont parallelles entr'eux. Les angles *f* I *d* servent aussi pour déterminer l'angle de l'Arc-en-ciel intérieur: car par exemple, si le rayon *n* O se rompant en sa seconde refraction en I *d*, est celui qui fait voir l'extrémité du rouge de l'Arc-en-ciel; la ligne *d* K, parallelle à *f* I & à E A C, représentera le rayon qui du centre du Soleil passe par l'œil; & l'angle I *d* K, égal à l'angle *f* I *d*, fera connoître quelle doit être la hau-

hauteur de cette extrémité du rouge, si on fait la hauteur du Soleil sur l'horison.

Voici comme j'ai fait le calcul pour trouver ces arcs T C, & I D ou D *η*, & les angles *f* I *d* ou *f η d*, pour tous les rayons parallelles à E A C, qui tombent sur A B.

Je prens pour exemple le rayon qui tombe sur le soixantiéme degré comptant depuis A vers B, & je suppose que ce rayon est *n* O *y*; Je trouve par les tables des sinus, en faisant un calcul semblable au calcul ci-devant, que l'angle de refraction *y* O T, qui convient à ce rayon, est de 19d. 30'; Par le moyen de cét angle je trouve le reste, comme on le voit en la Table suivante.

PREMIERE TABLE.

Angle	*y*OT	19d.	30'.
	T*y*	39.	
	B*y*	30.	
	BT	69.	
Arcs	TC	21.	
	OT	99.	
	TI	99.	
	C*t*	78.	
	ID	12.	
angle	*f*I*d*	42.	

Cét angle *f* I *d* est toujours double de l'angle T *e* C, comme il a été démontré. On fera de même pour trouver ces angles & ces arcs dans tous les autres rayons.

Voici une table qui les fera connoître depuis celui qui tombe sur le 90e. degré moins une seconde, ou une tierce, jusques à celui qui tombe sur le quarante quatriéme degré comptant depuis A vers B.

SECONDE TABLE.

Degr.		Arcs TC,		& ID,		Ang. *f I d.*	
90d.		7d.	12'	14d	24'	14d	24'
86		10	52	17	44	21	44
82		13	56	19	52	27	52
80		15	14	20	28	30	38
78		16	22	20	44	32	44
76		17	24	20	48	34	48
75		17	50	20	40	35	40
74		18	16	20	32	36	32
73		18		20	20	37	20
72		19		20		38	40
71		19	20	19	40	38	40
70		19	38	19	16	39	16
69		19	54	18	48	39	48
68		20	8	18	16	40	16
67		20	20	17	40	40	40
66		20	30	17		41	
65		20	38	16	16	41	16
64		20	46	15	32	41	32
63	30'	20	50	15	10	41	40
63		20	52	14	44	41	44
62	30	20	54	14	18	41	48
62		20	56	13	52	41	52
61	30	20	57	13	26	41	54
61		20	58	12	56	41	56
60	30	21		12	30	42	
60		21		12		42	
59	45	21	1	11	47	42	2
59	30	21	1	11	32	42	2
59	15	21	1	11	17	42	2
59		21	30	11	2	42	1
58	30	21		10	30	42	
58		21		10		42	
57	30	20	58	9	26	41	56
57		20	56	8	56	41	52
56		20	54	7	48	41	48
55		20	48	6	36	41	36
54		20	42	5	24	41	24
53		20	36	4	12	41	12
52		20	28	2	56	40	56
51		20	18	1	36	40	36
50		20	8		16	40	16

	Arcs D η		Ang. $f \eta d$.
49d.	19d. 58′	1d. 4′	39d. 56′
48	19 46	2 28	39 32
47	19 32	3 56	39 4
46	19 18	5 24	38 36
45	19 4	6 52	38 8
44	18 48	8 24	37 36

Ces chofes étant fuppofées, il faut confidérer qu'il y a deux conditions néceffaires pour faire qu'on voye des couleurs par les refractions des rayons du Soleil fur les goutes de la pluië.

La premiére, que les rayons qui tombent parallelles fur la goute d'eau, en reffortent parallelles, ou à peu près, afin que la lumiére ne fe diffipe point par une trop grande divergence, & qu'elle puiffe toucher les yeux affez fortement dans une diftance confidérable.

La feconde, que les parties extrêmes de la lumiére demeurent dans la même fituation à l'égard de la convexité, & de la concavité des courbures en entrant & en fortant de la goute, comme il a été expliqué dans la douziéme figure; car autrement la lumiére perdroit fes couleurs par le feptiéme Principe.

Or ces deux conditions ne fe rencontrent bien que dans les rayons qui tombent depuis environ le 70e. degré jufques au 48d. 30′, (ces degrez fe comptent de A vers B, & il faut l'entendre de même dans la fuite.)

On prouve que les autres rayons ne font pas propres pour faire des couleurs, par les raifons fuivantes.

A B C D dans la figure 35e. repréfente une goute de pluië; A s eft un arc de 90d. moins 1″; le rayon R s fe rompt en t, felon la feconde table, à fept degrez 12′. du point C; le rayon $p\ q$ tombe fur le 76e. degré, & fe rompt en x à 17d. 24′. du point C; $s\ t$ fe reflèchit en I à 14d. 24′. du point D, & $q\ x$ en y à 20d. 48′ du même point D: donc ces deux rayons fe coupent dans la premiére refraction, & dans la reflexion, $x\ y$ fe rompt en $y\ d$, & fait l'angle $f\ y\ d$ (qui eft f I d felon la feconde table) de 34d. 48′; le rayon t I fe rompant en I δ fait l'angle f I δ, (qui eft f I d dans la feconde table) de 14d 24′: donc ces rayons rompus font un angle de divergence de plus de vingt degrez, & R $s\ t$ qui étoit dans la convexité de la premiére courbure du rayon folide R $s\ p\ q$, eft dans la concavité de la feconde en I δ. Les courbures des angles en entrant & en fortant de la goute font auffi égales; car l'angle R $s\ t$ eft égal à l'angle t I δ, & $p\ q\ x$ eft égal à $x\ y\ d$. Donc par le feptiéme Principe la lumiére de ces rayons fera fans couleurs; & à caufe de fa trop grande divergence, elle ne fera pas vifible à une diftance confidérable.

TAB. XI. Fig. 35.

On connoitra cette vérité par expérience, si l'œil est à un pié ou deux de distance d'une phiole ronde de verre pleine d'eau représentée par la même 35e. figure, pour recevoir le rayon I δ & quelques autres qui en sont fort proches: car il verra un petit rond de lumiére sans couleurs vers la surface de la phiole auprès du point I, & lors qu'on recevra de même le rayon *y d*, on verra un semblable rond de lumiére sans couleurs vers le point *y*; d'où il s'ensuit que ces rayons ne peuvent contribuer à l'Arc-en-ciel.

Les rayons qui tombent depuis le 45e. degré jusques auprès du point A, n'y peuvent aussi contribuer, parce que leurs refractions sont trop petites pour faire des couleurs sensibles, & que leurs rayons rompus I*d* sont trop divergens entre eux, pour conserver la force de leur lumiére à une grande distance.

On connoitra par l'expérience de la petite phiole pleine d'eau, qu'ils doivent être sans couleurs, si dans la figure 36e. l'œil étant au point δ reçoit le rayon η δ, qu'on suppose venir du rayon qui tombe sur le 40e. degré; car ce rayon rompu η δ joint à quelques autres fort proches, fera paroître un petit rond de lumiére sans couleurs dans la phiole, selon la direction δ η.

Mais si on suppose que le point K est à 59d. 30′. du point A, & le point O à 59d; K T, rayon rompu de *m* K, fera T C de 21d. 1′. par la seconde table: O T, rayon rompu de *n* O, fera aussi cét arc de 21d. 1′. Donc ils tomberont au même point qui est marqué T, en la 35e. figure.

Le rayon K T, se refléchissant en *u*, fera T *u* égal à T K, & T *z* rayon refléchi de O T, sera égal à O T, & le petit arc *u z* sera égal à O K, à cause de l'égalité des angles d'incidence & de reflexion: & d'autant que T K, T O, se doivent rompre réciproquement en K*m*, *on*, qui sont parallelles, les rayons rompus de T*u*, & de T*z*, savoir *ud*, *zd*, seront aussi parallelles, & à même distance l'un de l'autre que *m* K, *n o*; ils seront aussi dans la même situation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures, comme on le voit en la figure; car la partie extrême *m* K est toujours dans la convexité.

La même chose arrivera aux rayons qui tomberont sur le 58d. 30′. & sur le 57d: car se rompant d'ordre ils ne se couperont point, ni dans leur refraction, ni dans la reflexion; & parce que leurs angles *f* I *d* diminuent toujours un peu, comme on le voit dans la seconde table, ils ne se couperont point aussi en leur seconde refraction, & ils conserveront tous de suite la même situation, à l'égard des extrémitez des courbures. Donc par le quatriéme Principe, leur lumiére sera colorée, & ils seront sensiblement parallelles, comme on le voit par la même table; car la divergence du deuxiéme rayon rompu de 57d. 30′. n'aura que quatre minutes de divergence avec celui de 58d. 30′, & par conséquent ces rayons seront visibles à une grande distance, à cause de leur peu d'écart.

On

On voit donc par cette table, que depuis le 90e. degré jusques au 76e. inclus, les rayons rompus & les refléchis se doivent couper dans le cercle; puis que leurs arcs T C & I D sont les plus grands dans les moindres angles d'incidence.

On voit aussi que le rayon qui tombe sur le 59d. 30′. est celui qui dans sa seconde refraction, fait à peu près le plus grand angle avec un rayon du Soleil, parallelle à celui qui passe par le centre de la goute: & si on le suppose ainsi, il est évident qu'il se dégage du reste de la lumiére & qu'il doit manifester sa couleur rouge, puis qu'il est dans la convexité des deux courbures à l'égard des rayons qui tombent sur des points moins éloignez du point A, & qu'à une distance médiocre il doit être rencontré le premier par l'œil qui étant au dessous des points *y*, I, *u*, s'avancera vers la lumiére colorée.

Quelques autres rayons qui suivent immédiatement celui du 59d. 30′, comme celui du 59, font aussi paroître du rouge, & quelques autres en suite feront paroître les autres couleurs

Or, quoique le rayon I*d* du 59d. 30′. fasse selon le calcul un angle de 42d. 2′. avec un rayon parallelle à E A C, & par conséquent avec celui qui du centre du Soleil passe par le centre de l'œil; & qu'y ajoutant 16 minutes pour la moitié du diamétre du Soleil, & 20 ou 25 minutes pour l'écart du rouge visible, il devroit faire l'Angle de l'Arc-en-ciel intérieur, à l'égard de l'extrémité du rouge visible, d'environ 42d. 40′: on l'observe pourtant ordinairement d'une moindre grandeur.

Mr. de la *Hire*, célébre Mathématicien, m'a dit avoir observé, que le Soleil étant à quatre ou cinq degrez d'élévation, tout le diamétre de l'Arc-en-ciel, depuis le rouge bien apparent de part & d'autre qui touchoit l'horison, étoit de 82d, & par conséquent le demi diamétre n'étoit que de quarante-un degrez. Or si on y ajoute 7′. pour le reste du rouge qu'il ne pouvoit pas bien discerner, & 7′. pour la différence entre la moitié de la soutendance horisontale, & le demi diamétre qui pouvoit être alors environ quatre degrez sous l'horison; l'angle total pouvoit être de 41d. 14′. Mr. *Descartes* lui donne quarante-deux degrez.

Mr. *Richer* l'a trouvé en l'Ile de *Cayenne* d'environ 42 degrez.

Toutes ces diversitez m'ont fait penser qu'il y a quelques causes qui empêchent que cét angle ne suive les régles du calcul. Voici les expériences que j'ai faites avec le même Mr. de la *Hire*, pour les découvrir.

Nous suspendîmes au haut d'un bâton une petite phiole pleine d'eau, d'environ un pouce de diamétre, très-ronde, & d'un verre très-fin & délié; & l'un de nous se tenant à une distance de deux ou trois piés de la phiole, recevoit dans l'œil le rayon rompu du Soleil, qui faisoit l'extrémité du rouge; & l'autre marquoit sur le pavé le point où répondoit le rayon visuel dans lequel se voyoit cette extrémité du rouge en droite ligne, & au même moment on marquoit le centre de l'ombre de

la petite phiole; & après avoir mesuré en l'air les côtez qui comprenoient cét angle, depuis la phiole jusques aux marques, & ensuite la distance de ces marques sur le pavé, nous trouvâmes par le calcul de la premiére observation, que l'angle de l'Arc-en-ciel étoit d'environ 42d. 40'.

Nous fimes une seconde observation environ une heure après, & nous trouvâmes cét angle de plus de 43d; & à la troisiéme observation, qui fut environ trois quarts d'heure après, nous le trouvâmes de plus de 43d. 30': sur quoi faisant reflexion, & sur ce qu'il ne l'avoit trouvé au Ciel que d'environ 41d. 14'; je jugeai que ces différences devoient proceder de la plus grande ou moindre densité de l'eau, & de la plus grande ou moindre rarefaction de l'air. Et parce que l'air qui est élevé à environ cinq-cens piés, est moins condensé que celui qui est près de la terre, d'environ $\frac{1}{25}$, suivant ce qui est dit dans l'Essai de Physique de la *Nature de l'Air*; & que les goutes de pluïe qui font le plus haut rouge de l'Arc-en-ciel, peuvent être à cette hauteur de 500 piés, & mêmes à une plus grande: il s'ensuit que, si la proportion de l'eau à l'air proche de la terre est comme de 4 à 3, à cette hauteur elle sera environ comme 4 à 3 moins $\frac{1}{60}$.

On trouvera par le calcul que le plus grand angle qui dans la refraction de 4 à 3 est de 42d. 2', ne sera que de 41 degrez à peu près dans l'autre proportion de 4 à 3 moins $\frac{1}{60}$; & si on y ajoute l'écart visible du rouge, & 16'. pour le demi diamétre du Soleil, tout l'angle ne sera que d'environ 41d. 35': Mais, parce que bien souvent la pluïe se fait de la neige fonduë, & que les goutes de la pluïe sont alors très-froides à cette hauteur de 500 piés; cela doit faire la proportion de la refraction plus grande, & réduire cét angle à 41d. 12' ou 15'.

Pour éclaircir cette conjecture, je fis encore avec Mr. de la *Hire*, les expériences suivantes, avec la même petite phiole.

Dans la premiére observation elle étoit suspenduë, de même qu'aux précédentes; & nous trouvâmes par le calcul que l'angle du rouge n'étoit que d'environ 41 degrez 20'.

Nous fimes chauffer ensuite l'eau de la petite phiole en la tenant assez long-tems dans de l'eau presque toute bouillante, en sorte qu'après l'avoir retirée, on ne la pouvoit tenir à la main: Nous la suspendîmes comme aux observations précédentes, & nous trouvâmes alors que l'angle de l'extrémité du rouge étoit de 44d. 44', ce qui me fit connoître que les différences que nous avions remarquées dans nos trois premiéres observations, procedoient de ce que l'eau de la petite phiole étant exposée à un Soleil fort ardent, s'étoit échauffée peu à peu, & qu'ainsi sa proportion de l'air s'étoit diminuée peu à peu. Il faut donc que la proportion de refraction de l'eau à l'air, quand elle est fort chaude, soit à peu près comme de 4 à 3 plus $\frac{1}{27}$: car la supposant telle, on trouve que le rayon qui tombe sur le 60d. 30', fait T C de 22d. 20', & qu'il y a quel-

TAB. X. Fig. 34.

quelque autre rayon qui peut faire cét arc de 22d. 23', & par conséquent l'angle *f* I *d* de 44d. 46'; & lors qu'on trouve l'angle de l'Arc-en-ciel, de quarante un degrez seulement, il faut que la proportion de la refraction soit plus grande que de quatre à trois moins $\frac{1}{80}$, ce qui peut arriver par la grande froideur des goutes de la pluië, & par une plus grande rarefaction de l'air dans les lieux élevez.

Ainsi, selon les différentes saisons, les différentes heures du jour, & les différents païs, l'angle de l'Arc-en-ciel peut changer, & même sa circonférence peut n'être pas d'un arc de cercle régulier, parce que la proportion de la refraction peut être différente dans les différentes élévations des goutes de la pluië.

J'ai trouvé par le calcul, que si la proportion de la refraction étoit comme de cinq à quatre, l'angle d'incidence de 90d. moins 1'' feroit l'arc T C de 16d. 16'; & celui de soixante-quatre degrez qui seroit le dernier des rayons qui se romproient d'ordre, feroit cét arc de 28d. 28', & feroit par conséquent l'angle de l'Arc-en-ciel de 56d. 56'. savoir le double de 28d. 28'.

J'ai aussi trouvé par le calcul, que s'il tomboit de petites boules de verre, l'Arc-en-ciel intérieur auroit son plus grand angle *f* I *d* de 22d. 48'; le rayon qui tomberoit entre le 51e. & le 52e. degré en la figure 33e, & qui seroit le dernier de ceux qui se romproient d'ordre, feroit cét angle de 22d. 48'. avec un rayon parallele à E A C, & ce rayon feroit T C de 11d. 24'. supposant la proportion de la refraction du verre à l'air, comme de trois à deux; mais si la refraction de l'eau à l'air étoit comme de quatre à trois & $\frac{1}{22}$, l'angle *f* I *d* feroit d'environ quarante-cinq degrez quelques minutes, & il seroit fait par le rayon qui tomberoit sur le 61e. degré à peu près, qui seroit le dernier de ceux qui se romproient d'ordre en leur premiére refraction.

On fait aisément le calcul de cette proportion en multipliant le sinus de l'angle d'incidence par $3\frac{1}{22}$, & divisant le produit par 4. Ainsi multipliant 86602 sinus de 60d. par $3\frac{1}{22}$, le produit est 263742 à peu près, & le divisant par 4 on aura 65935 sinus de 41d. 15', qui étant ôté de 60d, reste 18d. 45', pour l'angle de refraction, par le moyen duquel on achéve le reste du calcul, comme en la premiére table.

Mais, parce qu'en supposant la refraction de 4 à 3, le calcul est plus aisé, on peut le faire sur ce pié là; mais il faudra diminuer les angles *f* I *d* selon qu'on jugera que la proportion de la refraction sera plus ou moins grande.

Je me sers donc de la seconde table, comme si elle étoit juste, & pour connoître qu'elle doit être la largeur de l'Arc-en-ciel intérieur, & l'ordre des couleurs, je fais le raisonnement suivant.

Les rayons du centre du Soleil qui tombent sur les goutes d'eau depuis le 59d. 30', que je suppose être le dernier de ceux qui se rompent d'ordre, jusqu'au 55, ne s'écartent l'un de l'autre que d'environ 26 minu-

nutes après la seconde refraction, & conservent leur même situation. Or si tout le reste de la goute étoit couvert, la lumiére qui passeroit par cette ouverture de quatre degrez & demi de largeur, feroit des couleurs par le quatriéme Principe, & leur écart selon les loix ordinaires de la refraction ne seroit que de 26', si elles venoient seulement du centre du Soleil; mais y ajoutant 32 minutes pour la largeur du Soleil, & environ un degré pour les écarts du violet d'un côté & du rouge de l'autre, tout l'écart seroit de deux degrez. D'où je conclus, que lors que la largeur de l'Arc-en-ciel intérieur est d'environ deux degrez, ses couleurs peuvent être produites par la lumiére qui tombe sur cét arc de de quatre degrez & demi, avec le même ordre qui a été expliqué dans la figure dix-septiéme.

Mais suivant la seconde table, les rayons qui tombent depuis le 59e. degré 30', jusques au 63e. degré 30', ne font à peu près que le même écart de 26 minutes, & par conséquent leur lumiére doit être mêlée avec celle des rayons depuis le 59e. degré 30', jusqu'au 55e. degré, & elle la doit fortifier: Le rouge sera extérieur aux autres couleurs, parce que les rayons qui le produisent, font les plus grands angles *f* I *d*; mais si on compte le rouge, le jaune, le verd, & le bleu, pour les quatre couleurs supérieures, la couleur qui est la cinquiéme en ordre n'est pas violette comme celle que les prismes de verre font paroître, mais d'un rouge de pourpre; ce qui est assez difficile à expliquer: Voici mes conjectures.

Tous les rayons depuis le 76e. degré jusques au 50e, & au delà, conservent leurs situations en entrant & en sortant de la goute: car leurs arcs I D diminuent toujours; par exemple, l'arc I D du 65e. degré est de 16d. 16', & celui du 56e. est de 7d. 48': mais leurs arcs *f* I *d* augmentent; D'où il suit que le rayon I *d* du 65e. degré doit être rouge à l'égard du rayon I *d* du 56e. degré, & qu'il le doit couper à une certaine distance de la goute.

Si donc on suppose que le rayon I *d* 3 en la figure 34e (Tab. X.) vient du 56e. degré, & que le rayon *h d* 2 vient du 65e, & qu'ils se coupent comme au point *d*; le rayon *h d* 2 conservera sa couleur rouge au delà du point *d*, & si le rayon I *d* du 56e. degré contribuë à faire la couleur violette, qui est la 5e. en ordre, son écart s'étendra comme de I 3 en I 2, & l'écart du rouge du rayon *h d* 2 qui vient du rayon du 65e. degré, ira comme en *h* 3: Ces écarts se mêleront entre les points 2 & 3, & feront par leur mélange une couleur de pourpre semblable à celle qui paroît dans les traverses des chassis, quand on les regarde à travers un prisme équilateral, dans une distance de 12 ou 15 piés; comme il a été montré dans l'explication de la 5e. apparence.

D'où il s'ensuit qu'on ne doit point voir de violet au dessous du verd & du bleu, mais un rouge de pourpre, comme on le remarque toujours.

Ces

Ces cinq couleurs, ſavoir le rouge, le jaune, le verd, le bleu, & le rouge de pourpre, qui font une largeur d'environ deux degrez quand les couleurs ſont très-vives, comme je l'ai obſervé pluſieurs fois, paroiſſent ſeules quand le Soleil luit foiblement ſur les goutes de la pluïe ; & alors leur largeur n'eſt que d'environ un degré 50 minutes. Mais quand les goutes ſont fortement illuminées, & que la nuée où ſe fait la pluïe eſt très-noire, on voit ordinairement trois rangs de couleurs : ſavoir, un premier rang de rouge, de jaune, de verd, & de bleu ; un ſecond rang de pourpre, de jaune, de verd, & de bleu ; & un troiſiéme ſemblable au ſecond, mais qui a ſes couleurs beaucoup plus foibles.

Il ne paroîtra que deux rangs, ſi la nuée eſt un peu moins noire, & que les goutes de la pluïe ſoient un peu moins illuminées. Quand le troiſiéme rang paroît, la largeur de toutes les couleurs enſemble eſt de plus de trois degrez ; les rayons qui les produiſent, tombent ſur l'arc A B, depuis le 69^e. degré juſques au 48^e., à peu près ; & il ſe fait un mélange du rouge de quelques rayons qui viennent d'entre le 69^e. degré & le 65^e, avec le violet de quelques rayons qui viennent d'entre le 55^e. degré & le 50^e.

Pour mieux comprendre comme ſe font ces 3 rangs de couleurs ; ayez une phiole de verre, bien ronde, de trois à quatre pouces de diamétre. Elle eſt repréſentée dans la figure 36^e. *a b* eſt le diamétre du Soleil ; N *o* eſt le rayon du 59^e. degré 30′, qui ſe rompt en *o* T, ſe refléchit en T I, & fait ſa ſeconde refraction en I *d*.

P *q* tombe ſur le 86^e. degré, ſe rompt en *q t*, ſe refléchit en *t y*, & fait ſa ſeconde refraction en *y δ* : *g h* tombe ſur le 40^e. degré, ſe rompt en *h x*, ſe refléchit en *x η* au delà du point D, & fait ſa ſeconde refraction en *η δ*, coupant enſuite le rayon *y δ* ; ce qui doit arriver, puis que l'angle *f y δ* eſt moindre que l'angle *f η δ*, celui-ci étant de 35^d. 16′, & *f y δ* de 21^d. 44′. Si donc l'œil eſt au point *d* dans la ligne I *d*, il verra dans la direction de cette ligne, la premier rouge fort éclatant qui vient du rayon N *o* ; & s'il s'avance vers *y δ*, lors qu'il ſera en l'interſection des rayons *y δ* & *η δ*, comme au point *δ*, il verra une lumiére dans la phiole ſelon la ligne *δ η* continuée, & une autre ſelon la ligne *δ y*. Ces deux lumiéres ſont repréſentées par les deux ronds *n c* & K *l* : la premiére eſt produite par le rayon *g h*, & par quelques autres qui tombent deça & delà à quelques minutes de diſtance ; & la ſeconde, par le rayon P *q* & par quelques autres qui tombent de deça & delà, à pareil nombre de minutes de diſtance à peu près. Ces deux ronds de lumiére, qui ſont comme des images du Soleil, ſeront ſans couleurs ſenſibles : le rond *l* K paroitra comme un petit point blanc, par les raiſons qui ont été dites en l'explication de la figure 35^e, à l'égard des rayons R *s*, *p q* : l'autre rond *n c* ſera auſſi ſans couleurs ſenſibles à cauſe du peu d'obliquité du rayon *g h*. Que ſi l'œil eſt ſitué entre les deux

Kk rayons

rayons I *d* & *n* *ð* comme au point 2, il ne verra pas ces deux ronds; mais il en verra deux autres qui seront colorez, savoir *r e* & *i m*: Le rond *r e* aura son rouge vers *r*, & le rond *i m* par un ordre renversé l'aura en *m*: On verra mieux les couleurs de ces ronds de lumiére, si on ferme l'œil à demi.

Il paroitra de semblables lumiéres, si au lieu de celle du Soleil, on reçoit pendant la nuit, celle de la flamme d'une chandelle sur la petite phiole: car on y verra deux petites images de la flamme de la chandelle, qui seront sans couleurs en K *l* & en *n c*; mais l'œil étant comme au point 2, elles paroitront en *r e* & *i m* avec des couleurs.

Pour expliquer ces apparences, qui peuvent servir à expliquer les rangs différens de couleurs qui paroissent dans l'Arc-en-ciel intérieur, il faut remarquer que suivant ce qui a été dit en l'explication de la figure 9e, les rayons qui procédent du point *a*, qui est l'extrémité du diamétre du Soleil, étant les plus obliques, doivent produire le rouge & le jaune; & que ceux qui viennent du point *b*, étant les moins obliques, doivent produire le bleu & le violet. Or les rayons les plus obliques de ceux qui tombent entre le point *o* & le point B, ont toujours l'arc T C & l'angle *f* I *d* plus petits; & les plus obliques de ceux qui tombent entre *o* & A, ont toujours cét arc T C & cét angle *f* I *d* plus grands, comme on le voit par la seconde table & par la figure 34e. D'où il arrive, que les rayons qui viennent du point *a*, dont l'incidence est plus oblique pour venir à l'œil en *ð*, que ceux du point *b*, sont vûs sous un moindre angle vers *y*, & sous un plus grand vers *n*; & par conséquent le point *a* sera représenté dans le rond K *l* par le point K, & le point *b* par le point *l*; mais dans le rond *n c* le point *a* sera représenté par *c*, & le point *b* par *n*. Par les mêmes raisons le point *a* sera représenté dans le rond *r e* par le point *r*, & dans le rond *i m* par le point *m*; & par conséquent les points *m* & *r* seront rouges, & les points *i* & *e* seront violets: mais pour voir ces deux ronds intérieurs, il faut que l'œil soit entre *ð* & *d* comme au point 2.

On peut confirmer cette démonstration par l'expérience suivante.

Disposez deux chandelles à cinq ou six pouces l'une de l'autre, en sorte que la flamme de l'une soit plus haute que celle de l'autre de quatre ou cinq pouces & un peu plus éloignée de la phiole; & supposez que leur distance représente la distance des points *a* & *b*, & que celle qui est la plus éloignée soit le point *b*, & l'autre le point *a*. Recevez leurs lumiéres sur la phiole comme vous aurez fait celle du Soleil; vous verrez paroître quatre flammes de chandelle: couvrez la flamme de la chandelle qui est la plus basse, en sorte qu'elle ne luise plus sur la phiole; vous verrez disparoître les deux lumiéres intérieures *r e* & *i m*: d'où vous jugerez, que, si les deux ronds K *l* & *r e* représentent les extrémitez *a* & *b* du diamétre *a b*, le rond *r e* sera celui qui représentera le point *b*, & le rond K *l* le point *a*; & que des deux ronds *i m* & *n c*, qui représen-

sen-

sentent les mêmes points *a* & *b*, le rond *n c* représentera le point *a*, & le rond *i m* le point *b*: d'où il s'ensuit, que les images du Soleil qui paroissent vers le milieu de la phiole comme en *i m*, ont leur point *a* en *m*, & qu'il y doit paroître du rouge; & que celles qui paroissent de l'autre part, comme en *r e*, ont leur même point *a* en *r*, & qu'il doit paroître du rouge vers ce point *r*.

Dans les grandes distances, on ne voit pas en une même goute les deux ronds *r e* & *i m*, parce que leurs rayons se coupent assez près de la goute, & font ensuite une divergence. Il faut donc considérer seulement les différences de leurs arcs *f* I *d*. TAB. XI. Fig. 36.

Or, si on conçoit plusieurs goutes de pluië élevées dans l'air l'une sur l'autre, le rayon I *d* produit par le rayon N *o*, viendra à l'œil d'une goute plus élevée que celle qui lui envoyera le rayon *m* 2, puis que le rayon rompu I *d* fait un plus grand angle *f* I *d*.

Par la même raison, le rayon *m* 2 viendra à l'œil d'une goute plus élevée que celle d'où viendra le rayon *r* 2; & ainsi de suite. D'où il arrivera, que l'œil ayant reçû les rayons qui font le rang supérieur de rouge, de jaune, de verd, & de bleu, verra au dessous immédiatement les couleurs du deuxiéme rang, qui procédent du petit rond *i m*, & qui font de plus petits angles *f* I *d*: Et par conséquent l'extrémité intérieure du violet du premier rang, qui fait aussi un plus petit angle *f* I *d* que les écarts qui font le bleu du même rang, se mélera avec l'extrémité de l'écart rouge du deuxiéme rang; & il se fera par leur mélange une couleur de pourpre, qui paroitra au dessous de la bande de bleu du premier rang.

Mais, parce qu'à mesure qu'on avance l'œil de *d* vers *f*, les deux petits ronds s'éloignent l'un de l'autre dans la phiole, & qu'ils s'approchent quand l'œil s'avance de l'autre côté; il doit arriver nécessairement, que s'il y a plusieurs goutes situées de suite près à près perpendiculairement au dessous de celles qui font le premier rang de couleurs, on ne verra pas ces petits ronds en même situation dans chacune d'elles, & que leurs rayons rouges feront des angles *f* I *d* différens; ce qui doit faire encore d'autres rangs & d'autres mélanges de couleurs.

On peut comprendre la nécessité de cette pluralité de rangs par le raisonnement suivant.

Les arcs *q* S & *y* I par où passe le rayon R S *p q*, ne sont pas disposez à l'égard l'un de l'autre comme les arcs K *o*, *u z*, & on peut considérer ces arcs comme des lignes plus ou moins inclinées l'une à l'autre. TAB. XI. Fig. 35.

La lumiére du Soleil passant à travers un verre taillé à plusieurs facettes diversement inclinées, fait paroître en plusieurs endroits sur les surfaces qui lui sont opposées, de petits ronds ou de petites ovales de lumiére, qui sont comme des images du Soleil; quelques-unes de ces lumiéres ont des couleurs, & les autres n'en ont point, comme il a été expliqué en la 9e. Apparence.

On peut donc concevoir de même, que le rayon solide R S p q, passant à travers l'arc S q dans la 35ᵉ. figure, & ensuite à travers l'arc y I, doit faire paroître au delà de la goute une image du Soleil ronde ou ovale; & qu'un autre rayon solide comme m K n o passant à travers l'arc o K & ensuite à travers l'arc u z, doit faire aussi paroître une autre image du Soleil, ronde ou ovale; & que la même chose doit arriver en plusieurs autres endroits du quart de cercle A B & du quart de cercle C D; mais avec cette différence, que les facettes du verre quoique contiguës, font séparer les lumiéres ou images du Soleil, & que les surfaces courbes de la goute d'eau qui sont contiguës, lient ensemble ces lumiéres.

On peut donc concevoir qu'un rayon solide ayant passé à travers un arc compris entre le 59ᵈ. 30′. & le 55ᵈ. du quart de cercle A B, & ensuite à travers un arc compris entre le 11ᵈ. 32′. en comptant de D vers C, & le 6ᵈ. 36′, comme la seconde table le fait voir, doit faire une lumiére colorée, de rouge, de jaune, de verd, de bleu, & de violet, semblable à celle que les prismes de verre font paroître, ainsi qu'il a été prouvé; & qu'un autre rayon solide passant à travers l'arc compris entre le 55ᵉ. degré & le 52ᵉ. du quart de cercle A B, & ensuite par l'arc compris entre le 6ᵉ. 36′. comptant de D vers C & le 2ᵈ. 56′, doit faire une autre lumiére colorée: le milieu du verd de cette seconde lumiére, doit s'écarter du milieu du verd de la premiére, d'environ 40′, mais elle doit joindre son écart rouge, avec l'écart violet de l'autre; parce que le rouge de cette seconde lumiére ou image du Soleil, doit s'écarter du côté de la convexité de sa courbure vers le violet de la premiére; & le violet de la premiére doit s'écarter du côté de sa concavité, vers le violet de la seconde, par le 2ᵉ. Principe. Le même mélange peut encore se faire à l'égard du violet du second rang & du rouge d'un troisiéme rang, qui peut venir d'un troisiéme rayon solide passant entre le 52ᵉ. degré & le 49ᵉ. 48′. du quart de cercle A B; & ensuite entre le point D & le 2ᵉ. degré 56′, de D vers C; & ainsi de suite, jusques à ce que les rayons ne soient plus disposez à faire des couleurs, & qu'ils s'écartent trop pour être visibles à une grande distance, comme il a été prouvé.

Pour bien comprendre l'ordre des couleurs de l'Arc-en-ciel intérieur: Voyez la figure 38ᵉ. Tab. XI.

A, B, C, sont trois goutes de pluië de chacune desquelles sortent trois rayons: savoir, celui qui fait le rouge qui est au dessous des deux autres, dans la convexité de la courbure, & qui vient du 59ᵈ. 30′; celui que fait le verd; & celui que fait le violet.

A a, B a, C a, sont les rayons qui font le rouge. A b, B b, C b font le verd. A c, B c, C c, font le violet. L'œil qui est supposé être en d, reçoit le rayon rouge A a d de la goute A, & les deux autres rayons passent plus haut. Le même œil en d reçoit le rayon B b d qui fait le verd, & ne reçoit ni B a ni B c; Il reçoit aussi le rayon C c d qui

fait

fait le violet, & les rayons C *b*, C *a*, paſſent au deſſous: d'où il s'enſuit qu'il verra du rouge ſelon la ligne *d a* A; du verd, ſelon la ligne *d b* B; & du violet, ſelon la ligne *d c* C.

Si on entend qu'à une grande diſtance il y ait pluſieurs autres goutes entre ces 3, on jugera aiſément qu'elles feront voir du jaune entre A & B, & du bleu entre B & C, & même des nuances de jaune orangé, de jaune verdâtre, de verd bleuâtre, &c; & que s'il y en a d'autres au deſſous de C, elles feront paroître les couleurs des autres rangs, ſelon que les rayons rompus qui en ſortiront, feront les angles *f* I *d* moindres ou plus grands.

Les différens éloignemens des goutes de pluïe jusques à l'œil, doivent un peu changer le mélange & les nuances des couleurs par les différentes interſections des rayons qui viennent depuis environ le 70^{e}. degré juſques au 59^{e}. 30′, & de ceux qui viennent depuis le 59^{e}. 30′. juſques au 47^{e}. à peu près, qui font toutes les couleurs viſibles.

On en peut remarquer juſques à quatre rangs, dans l'expérience de l'eau qu'on ſouffle en haut en petites goutelettes dans une chambre expoſée au Soleil; particuliérement ſi l'eau eſt très-claire, & que la paroi oppoſée aux fenêtres ſoit tenduë de noir.

J'ai vû pluſieurs fois très-diſtinctement trois rangs de couleurs dans l'Arc-en-ciel intérieur; mais je n'ai remarqué qu'une ſeule fois un 4^{e}. rang. Ce 4^{e}. rang avoit bien moins de largeur que le rang ſupérieur: ſes couleurs étoient ſemblables à celles du 3^{e}. rang, mais elles étoient plus foibles: il ſe terminoit en un verd bleuâtre, & toutes les couleurs enſemble au deſſous du rouge de pourpre ſupérieur, me paroiſſoient avoir moins de largeur que le premier rang, y compris le rouge de pourpre.

EXPLICATION DE L'ARC-EN-CIEL EXTÉRIEUR.

L'Arc-en-ciel extérieur ſe fait par les rayons du Soleil qui viennent à l'œil après deux refractions & deux reflexions dans une même goute de pluïe en la maniére ſuivante.

A B C D dans la figure 37^{e}, repréſente une goute de pluïe: *b* A *e* C eſt un rayon du centre du Soleil, paſſant par le centre *e*: *b* F eſt un rayon parallelle à *b* A C; ſon premier rayon rompu eſt F T, qui ſe refléchit en T I, & enſuite en I L, d'où il fait une ſeconde refraction en L O. TAB. XI. Fig. 37.

On ne conſidére point ici les refractions qui ſe font aux points T & I vers le dehors de la goute. I D eſt égale à D K; I L N eſt une ligne droite; M L & *m s* ſont parallelles à *b* A C.

Or, s'il y a quelque autre rayon parallelle à *b* F, comme *b* P, qui après deux refractions & deux reflexions faſſe ſon ſecond rayon rompu

SV parallelle à LO, & que ces rayons b F, b P, ne changent point leurs ſituations en entrant & en ſortant de la goute; la lumiére compriſe entre ces deux rayons pourra produire des couleurs viſibles, comme il a été prouvé dans l'explication de l'Arc-en-ciel intérieur.

Ces deux conditions ſe rencontreront dans quelques rayons qui tombent au delà du 60ᵉ. degré, comptant depuis A vers B, ſavoir dans ceux qui n'étant différens que d'environ un degré, feront leurs premiers rayons refléchis dans la goute parallelles entre eux; ce qui ſe prouve ainſi.

Soient b F & b P deux rayons parallelles peu éloignez l'un de l'autre, & tombant au delà du 60ᵉ. degré; ils ſe couperont en leur premiére refraction, par ce qui a été dit en la 33ᵉ. figure. Soient F T & P q leurs premiers rayons rompus. Je dis, que ſi leurs premiers rayons refléchis T I & q R ſont parallelles, leurs ſeconds rayons rompus L O & S V ſeront auſſi parallelles entre eux, & qu'ils conſerveront leurs ſituations: Car, puis que ces rayons T I & q R ſont parallelles, ils ſe refléchiront en I L & en R S, de la même maniére qu'ils ſe refléchiroient réciproquement en T F & q P; & ces ſeconds rayons refléchis I L & R S ſe couperont de même que T F & P q. Donc les incidences en L & S ſeront ſemblables aux incidences en F & P, chacune à la ſienne, tout étant égal de part & d'autre; & par conſéquent les refractions I L O & R S V ſeront égales aux refractions T F b & q P b. Mais les rayons F b & P b ſont parallelles. Donc les rayons L O & S V ſeront auſſi parallelles, & feront des angles égaux avec M L & m S, qu'on ſuppoſe parallelles à b A C: Et puis que ces rayons ſe coupent deux fois dans la goute, il faut néceſſairement que le rayon b P, qui eſt dans la convexité de la courbure en entrant, y ſoit auſſi en S V. Il eſt encore manifeſte, que les arcs F P & S L ſont égaux, puis que les arcs q T & R I ſont égaux; & par cette raiſon les rayons L O, S V, ſeront à la même diſtance l'un de l'autre, que les rayons b F, b P.

Pour connoître s'il y a de tels rayons, on en fera le calcul comme en la table ſuivante.

Je prens pour exemple le rayon qui tombe ſur le 72ᵉ. degré, que je ſuppoſe être b F.

Le ſinus de 72ᵈ. eſt 95105; 71329 en eſt les trois quarts; ce nombre eſt le ſinus de 45ᵈ. 30′; la différence de 72ᵈ. & de 45ᵈ. 30′. eſt 26ᵈ. 30′. pour l'angle de refraction G F T.

TROISIÉME TABLE.

Calcul du 72e. degré.

Angle	GFT	26d.	30'.
Arcs	GT	53.	
	BG	18.	
	BT	71.	
	TC	19.	
	FT	89.	
	TI	89.	
	CI	70.	
	ID	20.	
	IK	40.	
	IL	89.	
	KL	49.	
Angles	LIK	24.	30.
	NLO	26.	30.
	MLO	51.	
Arcs	DL	69.	
	LA	21.	

On trouvera par un ſemblable calcul que le rayon *b* P tombant ſur le 73e. degré, faiſant ſon premier rayon rompu P *q*, fera l'arc P *q* de 88d. 20', & l'arc *q* C de 18d. 40'. D'où il s'enſuit que le premier rayon reflechi de *b* F, qui fait l'arc T I de 89d, paſſera le rayon reflechi *q* R, de 20' de part & d'autre; c'eſt-à-dire, que les petits arcs T *q* & R I ſeront chacun de 20': & par conſéquent ces deux rayons reflechis ſeront parallelles, & par la démonſtration précédente, les ſeconds rayons rompus L O & S V, qui font les angles M L O & *m* S V chacun de 51 degrez, ſeront auſſi parallelles.

On voit auſſi par le même calcul, & par l'inſpection de la figure, que ces rayons ſont dans la même ſituation en entrant & en ſortant de la goute, & qu'ils ſont également diſtans, puis que l'Arc L A eſt de 21d. & l'arc S A de 22d. D'où l'on voit évidemment que ces rayons doivent être colorez & conſerver la vivacité de leurs couleurs juſques à une grande diſtance : il eſt vrai, qu'elles doivent être plus foibles que celles de l'Arc-en-ciel intérieur, parce que les rayons I *d*, qui font l'Arc-en-ciel intérieur, ne ſont affoiblis que par deux reflexions & une refraction, & le rayon L O eſt affoibli par deux reflexions & par deux refractions.

Pour connoître quels ſont les autres rayons qui peuvent contribuer à cét Arc-en-ciel, j'ai calculé les angles M L O, & les arcs L A pour tous

tous les degrez, depuis le 90ᵈ. jusques aux 58ᵉ. Ces angles & ces arcs servent à déterminer la hauteur de cét Arc-en-ciel, & les rayons qui le produisent, de même que les angles f I d, & les arcs T C & I D, servent à déterminer l'Arc-en-ciel intérieur.

QUATRIÉME TABLE.

POUR L'ARC-EN-CIEL EXTERIEUR.

Degrez.		Arcs L A.		Ang. M L O.	
90ᵈ.		21ᵈ.	36′	68ᵈ	24′
86		24	36	61	24
82		25	48	56	12
80		26	12	53	48
79		25	30	53	30
78		25	6	52	54
77		24	42	52	18
76		24	12	51	48
75		23	30	51	30
74		22	48	51	12
73	30′	22	24	51	6
73		22		51	
72		21	50	51	
72		21		51	
71		20		51	
70	30	19	24	51	4
70		18	54	51	6
69	30	18	18	51	12
69		17	42	51	18
68		16	24	51	36
67		14	54	52	
66		13	39	52	30
65		12	6	53	6
64		10	18	53	42
63		8	36	54	24
62		6	48	55	12
61		4	54	56	6
60		3		57	
59		1		58	
		arc A λ			
50		1		59	

On voit par cette table. 1°. Que les rayons depuis le 71ᵈ. jusques au 73ᵉ. font les angles M L O de 51 degrez, qui sont les moindres de tous.

2°. Que

2°. Que leurs seconds rayons rompus L O sont paralleles, ou du moins sensiblement paralleles. 3°. Que depuis le 71^d. jusques au 68^e, & depuis le 73^e. jusques au 75^e, ces rayons L O sont peu divergens entr'eux, étant pris de degré en degré. 4°. Que de même que dans le premier Arc-en-ciel, il y a un rayon comme celui du 59^e. degré 30′, qui fait le plus grand angle f I d; & que plusieurs autres deçà & delà pris alternativement de deux en deux, font leur premiére refraction sur un même point T de la goute: ainsi dans le second Arc-en-ciel, il y a un rayon comme celui qui tombe sur le 72^e. degré, qui fait le plus petit angle M L O; & qu'il y en a deçà & delà, qui pris de deux en deux font leurs premiers rayons refléchis, paralleles entre eux, & en suite leurs seconds rayons rompus. D'où l'on conclut, que si le rayon I d du 59^e. degré 30′, qui fait le plus grand angle f I d, fait l'extrémité du rouge du premier Arc-en-ciel; aussi le rayon L O du 72^e. degré, qu'on suppose faire le plus petit angle M L O, fera l'extrémité du rouge du second Arc-en-ciel.

On trouvera par le calcul quels seront les autres rayons qui feront leurs premiers rayons refléchis paralleles. Par exemple, pour savoir quel sera le rayon qui fera le parallellisme avec le 70^e. degré, je prens le 74^e, & je considére les arcs F T & T C du 70^e. & du 74^e. degré; je trouve que la différence de leurs arcs F T ou T I est 2 degrez 38′, & que celle de leurs arcs T C est 1^d. 22′, qui est plus de la moitié de 2^d. 38′, & elle devroit être égale à cette moitié pour faire le parallellisme des premiers rayons refléchis; je prens donc un moindre degré que 74. (si la différence des arcs T C étoit moindre que la moitié de la différence des arcs F T, il faudroit prendre un plus grand degré que 74.) Je prens donc 73^d. 45′, & je trouve que son arc F T est de 87^d. 52′, & son arc T C de 18^d. 23′; je trouve aussi que l'arc F T du 70^e. degré est 90^d. 22′, & que son arc T C est de 19^d. 38′; la différence de 90^d. 22′, & de 87^d. 52′, est de 2^d. 30′, dont la moitié 1^d. 15′. est égale à la différence de 18^d. 23′, & de 19^d. 38′; par où je connois que les rayons qui tombent sur le 70^d. & sur le 73^d. 45′, font leurs rayons T I paralleles, & en suite leurs rayons L O.

Que si on objecte que le calcul des sinus n'est pas entiérement exact, & que ces rayons T I ne sont pas précisément paralleles; on répond qu'il y en aura toujours quelques-uns deçà & delà de celui qui fait l'angle M L O le moindre de tous, qui feront leurs rayons T I paralleles, & que si le 73^d. 45′. ne le fait pas précisément avec le 70^e. degré, il le fera avec quelque autre plus grand ou moindre de quelques minutes, secondes, tierces, &c. du moins la différence en sera insensible; ce qui suffit pour faire les couleurs assez fortes.

On voit encore par cette table, que les rayons depuis le 90^e. degré jusques au 79^e. ne peuvent faire voir de couleurs, puis que leurs angles M L O diminuent de suite, & que leurs arcs L A augmentent: & par cette raison le rayon du 86^e. degré fera son rayon rompu L O

intérieur au rayon L O du 82e. & ne le coupera point; au lieu qu'en entrant dans la goute, il lui étoit extérieur, c'est-à-dire dans la convexité, ce qui détruit les couleurs par le septiéme Principe.

La lumiére de ces rayons est aussi trop foible pour être apperçuë de loin, à cause de leur trop grand écart, qui est de plus de cinq degrez.

Les rayons depuis le 59d. 30'. jusques au 50e. & au dessous, ne peuvent aussi contribuer à cét Arc-en-ciel, à cause du trop grand écart de leurs rayons L O, qui est d'un degré entier entre ceux qui viennent du 59e. degré & du 58e, & de plus d'un degré entre ceux du 58e. & du 57e, &c.

On le connoîtra par expérience, si on fait tomber un rayon solide de deux ou trois lignes d'épaisseur sur une phiole de verre vers le 59e. degré à peu près. Car, si cette phiole représentée par la figure 37e. est de deux ou trois pouces de diamétre, & qu'elle soit bien ronde & remplie d'eau fort claire, lors qu'on recevra le second rayon rompu I d, qui est celui qui fait l'Arc-en-ciel intérieur, sur du papier blanc, à deux ou trois piés de distance de la phiole, on verra des couleurs très-vives; mais si on reçoit de même en V O le rayon rompu L O, venant du 59d. 30', on ne verra que des couleurs très-foibles, & qui se dissiperoient à une grande distance. Au contraire, si on fait tomber le même rayon solide vers le 72d. degré sur la phiole, on ne verra que de foibles couleurs dans le rayon rompu I d, & on en verra de fort belles dans le rayon L O, si on met le papier en V O. Ce qui fait voir évidemment, que les rayons qui tombent vers le 72e. degré, produisent le second Arc-en-ciel.

On ne voit qu'un rang de couleurs dans cét Arc-en-ciel, savoir du rouge, du jaune, du verd, du bleu, & du rouge de pourpre; parce qu'encore qu'il s'y en pût faire d'autres, on ne les verroit point à cause de l'affoiblissement de la lumiére qui se fait par la refraction aux points R & I où se fait la seconde reflexion.

Quand on ne voit qu'un rang de couleurs dans l'Arc-en-ciel intérieur, on ne voit point la bande de pourpre dans l'Arc-en-ciel extérieur; & quand on voit en celui-ci la bande de pourpre, on peut voir deux ou trois rangs de couleurs dans l'autre.

On pourra expliquer la couleur de pourpre & les autres couleurs de cét Arc-en-ciel extérieur, comme on les a expliquées à l'égard de l'intérieur.

Pour avoir l'angle que l'extrémité du rouge de l'Arc-en-ciel extérieur fait avec le rayon du centre du Soleil qui tend à l'œil, il faut ôter de l'angle M L O de 51 degrez, 16 minutes pour le demi diamétre du Soleil, & environ 32 minutes pour l'écart du rouge qui doit être plus grand que dans l'Arc-en-ciel intérieur, parce que l'incidence sur le 72e. degré est plus oblique que sur le 59e. 30'; & par ce moyen on verra cette extrémité sous un angle de 50 degrez 12'. à peu près.

J'ai

J'ai trouvé par le calcul, que si la proportion de la refraction de l'eau étoit comme de quatre à trois & $\frac{1}{22}$, l'angle M L O du 72ᵉ. degré seroit de 45ᵈ. 36′; & que s'il tomboit de petites boules de verre, l'extrémité du rouge paroitroit sous un angle de plus de 80 degrez.

Lors que les oiseaux sont fort élevez dans l'air, ils peuvent voir des couronnes entiéres au lieu de ces arcs: mais quand nous sommes sur de hautes tours ou sur de hautes montagnes, nous ne pouvons voir le reste de ces couronnes, parce que l'ombre que font les tours & les montagnes, tombent sur les goutes les plus basses qui doivent achever les couronnes.

Pour connoître l'ordre & la situation des couleurs de l'Arc-en-ciel extérieur, considérez la figure 38ᵉ.

E, F, G, sont 3 goutes de pluië, de chacune desquelles sortent 3 rayons; le plus haut est rouge, celui du milieu est verd, & le plus bas est de couleur de pourpre. TAB. XI. Fig. 38.

E *g*, F *g*, G *g*, sont trois rayons parallelles qui font le rouge.

E *f*, F *f*, G *f*, font le verd; & E *e*, F *e*, G *e*, font la couleur de pourpre.

L'œil étant au point *d* reçoit le rayon rouge G *g d*, qui vient du 72ᵉ. degré, & ne reçoit pas les deux autres; il reçoit le rayon verd E *f d*, & ne reçoit ni F *g* ni F *e*; il reçoit aussi E *e d* qui fait la couleur de pourpre, & les rayons E *g*, E *f*, passent plus haut; & par ce moyen il doit voir le rouge au dessous des autres couleurs, le verd au milieu, & la couleur de pourpre au dessus. Que si la ligne *d b* représente la continuation d'un rayon du centre du Soleil, & que l'angle *b d* A soit d'environ 4ᵈ. 20′, & l'angle *b d* G d'environ 50 degrez 12′; l'angle G *d* A, qui sera à peu près de 8 degrez 50′, fera connoître la différence des élevations de ces deux Arcs-en-ciel.

Je ne dois pas oublier ici de dire, qu'on voit quelquefois des Arcs-en-ciel sans couleurs: Ils se font dans les brouillards, comme les autres se font dans la pluië.

J'en ai vû à trois diverses fois; la derniére fois j'en vis deux de suite en moins d'une demi heure. C'étoit au mois de Septembre; il avoit fait un grand brouillard au lever du Soleil; Une heure après, le brouillard se sépara par intervalles; un vent qui venoit du Levant ayant poussé un de ces brouillards séparez à deux ou trois cens pas au delà du lieu où j'étois, & le Soleil luisant clairement dessus, je vis un Arc-en-ciel semblable en grandeur, en situation, & en figure, à un Arc-en-ciel ordinaire. Il étoit tout blanc hors un peu d'obscurité qui le terminoit à l'extérieur; la blancheur du milieu étoit très-éclatante & surpassoit de beaucoup celle qui paroissoit sur le reste du brouillard; il n'avoit qu'environ un degré & demi de largeur. Un autre brouillard ayant été poussé de même, je vis un autre Arc-en-ciel semblable au premier; ces brouillards étoient si épais, que je ne voyois rien au delà.

J'attribuë ce deffaut de couleurs à la petiteſſe des vapeurs imperceptibles qui compoſent les brouillards.

Cette apparence m'a fait connoître que ces vapeurs imperceptibles ne ſont pas étenduës en de petits fils, comme le veut M. *Deſcartes*; mais qu'elles ſont rondes, puis qu'elles font des refractions ſous les mêmes angles que les goutes de la pluië.

Je me ſouviens d'avoir vû il y a fort long-tems, en une même nuit, trois Arcs-en-ciel à la Lune, ſemblables à ceux que je viens de décrire; c'étoit au mois d'Octobre, deux ou trois heures avant le jour; & ils ſe firent l'un après l'autre, dans des brouillards ſéparez.

ONZIÉME APPARENCE.

Les petites Couronnes autour des Aſtres.

Lors qu'il y a dans l'air des nuées médiocrement épaiſſes, on voit ordinairement autour du Soleil ou de la Lune, une eſpéce de Couronne lumineuſe de quatre ou cinq degrez de diamétre, terminée à l'extérieur par une couleur rougeâtre. Les parties intérieures ſont les plus lumineuſes, & tirent un peu ſur le bleu.

Il y en paroît quelquefois d'autres qui ont deux rangs de couleurs. Le rang extérieur a du rouge en ſon extrémité la plus éloignée, & en ſuite du jaune, du verd, du bleu, & du violet; ce violet joint le rouge du rang intérieur: on voit mieux ces deux rangs de couleurs autour du Soleil, quand on les regarde par reflexion dans de l'eau calme, parce qu'on en eſt moins ébloui; il faut faire en ſorte qu'on ne voye pas le Soleil par reflexion, mais ſeulement les nuées qui en ſont proches.

EXPLICATION.

Cette apparence eſt encore plus difficile à expliquer que l'Arc-en-ciel: car on ne peut pas ſavoir avec certitude, quelles ſont les matiéres qui la produiſent; ſi ce ſont des vapeurs aqueuſes, ou des exhalaiſons, ou des parcelles de neige dont les nuées ſont quelquefois mêlées; & on n'en peut avoir que de legéres conjectures.

Mon hypothêſe eſt, que les petites couronnes qui n'ont qu'un rang de couleurs, ſe font dans les vapeurs aqueuſes qui compoſent les nuées; & je fonde cette hypothêſe ſur les expériences ſuivantes.

Regardez la flamme d'une chandelle à travers les vapeurs épaiſſes qui ſortent de quelque vaiſſeau plein d'eau bouillante pendant un grand froid; vous verrez une petite couronne de quatre ou cinq degrez de diamétre, concentrique à la flamme de la chandelle, & ſemblable à celles qu'on voit autour du Soleil ou de la Lune avec un ſeul rang de couleurs.

Vous verrez encore une ſemblable apparence, ſi vous ſoufflez, en ou-

ouvrant la bouche, contre une glace de verre bien polie comme celles dont on fait les miroirs, & que vous regardiez ensuite une chandelle allumée au travers des petites goutes d'eau imperceptibles qui ternissent le verre.

J'explique ces petites couronnes en la maniére suivante.

A B C D représente une goutelette de vapeur. A *e* C est le diamétre, par où passe le rayon *b* A C, qui vient du centre du Soleil ou de la Lune. *b* F G est un autre rayon parallelle à *b* A C, qui fait sa premiére refraction en F T, coupant l'arc C B au point T, & sa seconde en T *o* sur l'œil en *o*, coupant en M, le diamétre A C prolongé, & en *o*, le rayon *b o* parallelle à *b* A C. TAB. XI. Fig. 59.

On fera le calcul de l'angle C M T selon table suivante.

L'arc A F est de 6 degrez; N T K est paralle à *b* F G; *e* T E & F T L sont des lignes droites; l'angle de refraction G F T se trouvera par ce qui a été enseigné dans le calcul de l'Arc-en-ciel, d'environ un degré 30′.

CINQUIEME TABLE.

Calcul des petites couronnes.

Angle	GFT	1d.	30′.	
Arcs	GT	3.		
	TC	3.		
Angles	C*e*T	3.		
	ou ETK			
	ETL	4.	30.	
	ETM	6.	0.	20″.
	KTM			
	ou CMT	3.	0.	20″.
	ou *b*OT			

On trouvera par un semblable calcul, que si A F est de sept degrez, l'angle C M T sera de 3d. 30′. 40″; d'où l'on connoitra que l'écart ou divergence des seconds rayons rompus du 6e. & du 7e. degré, en comptant de A vers B, fait un angle de 30′. 20″.

On trouvera de même, que l'écart des seconds rayons rompus du 20e. degré & du 21e. comprendra un angle de 33′; & enfin que plus les angles d'incidence seront grands, plus il y aura de différence entre les écarts de deux rayons qui ne différent que d'un degré: & parce que l'arc A B étant divisé par degrez, les rayons parallelles à l'arc A C, qui tombent sur les points les plus éloignez du point A, sont plus proches les uns des autres que ceux qui tombent sur les points moins éloignez, il y aura plus de lumiére comprise entre les rayons qui tombent sur le 6e. &

fur le 7e. degré, comme b F & b h, qu'entre ceux qui tombent plus loin, comme b s, b V. D'ailleurs, les rayons les plus obliques refléchiffent plus de lumiére, & il en paffe moins dans les refractions; & ainfi il y a trois caufes, qui rendent plus forte la lumiére comprife entre deux rayons différens d'un degré, quand ils tombent à trois ou quatre degrez de l'arc b A C, que quand ils tombent plus loin.

La premiére, qu'il y a plus de lumiére entre les 2 rayons d'incidence: La feconde qu'il en paffe plus à proportion à travers la goute dans les deux refractions: La troifiéme, que les écarts de la lumiére font plus petits. D'où il s'enfuit, que la lumiére rompuë dans les goutelettes qui compofent les nuées, n'eft vifible que jufques à une certaine diftance; & que le refte de la nuée paroît ordinairement noir & obfcur.

De là vient que les petites couronnes qu'on voit autour des petites planettes, n'ont ordinairement que deux ou trois degrez de diamétre.

J'ai obfervé plufieurs fois, que l'air étant tout rempli de nuées qui alloient fort vîte, la Lune difparoiffoit fouvent; qu'on la voyoit quelquefois foiblement fans aucune couronne, & quelque-fois avec des Couronnes, de deux, ou trois, ou quatre degrez de diamétre.

J'attribuois le premier cas à la trop grande épaiffeur des nuées, qui ne laiffoit paffer aucune lumiére ni directe ni rompuë; le deuxiéme, à une moindre épaiffeur, qui laiffoit paffer les rayons directs, mais qui ne laiffoit pas paffer les rayons rompus, à caufe de leur foibleffe; & les autres cas, à de moindres épaiffeurs, mais différentes, qui laiffoient paffer plus ou moins de rayons rompus, felon qu'elles étoient plus ou moins épaiffes.

Les couleurs de ces petites Couronnes font fort foibles à caufe que les refractions font petites.

On prouvera que le rouge & le jaune doivent paroître à l'extérieur de ces Couronnes, & le bleu dans l'intérieur, par les raifons fuivantes.

Les Opticiens favent que les rayons paralleles qui tombent fur une goute d'eau, ne coupent pas en leurs refractions, le diamétre prolongé dans un même point; mais que les plus éloignez du diamétre le coupent plus près de la circonférence.

Soient donc b F, b h, deux rayons parallelles venant du centre du Soleil; dont les feconds rayons rompus foient T M o, r g q, fe coupant au point x: le rayon r x étant dans la convexité de la courbure fera rouge par le premier Principe, & T x qui eft dans la concavité fera bleu; & ces coûleurs fe conferveront au delà de leur foyer x, comme il a été montré dans l'explication de la 8e. Apparence. Donc l'œil étant en o, verra du bleu par le rayon o M T continué en a; le même œil ne recevra pas le rayon q g r continué en y; mais il recevra un autre rayon qui fera parallelle à q y, comme o z, qui viendra d'une autre goute; & par conféquent il verra du rouge felon la direction o z: D'où il s'enfuit que le bleu paroîtra du côté du Soleil, & le rouge vers l'extérieur de la Couronne.

Ainfi

Ainſi s'il y a deux goutes d'eau comme *a* & *b* en la figure 40^e (Tab. XII.) de chacune deſquelles il ſorte deux rayons diſpoſez de même que les rayons *r q* & T *o*, & que leurs foyers ou interſections ſoient dans les points *e* & *f*; l'œil étant en *m* ne recevra point les rayons *e g* & *f n*, mais il recevra le rayon bleu *e m* & le rayon rouge *f m*, lequel rayon *f m* eſt extérieur au rayon *e m* à l'égard du corps lumineux qui le produit.

On expliquera de même les petites Couronnes qui paroiſſent autour de la flamme d'une chandelle, lors qu'on la regarde à travers quelques vapeurs épaiſſes qui ſortent d'une eau chaude.

A l'égard des petites couronnes qui ont deux rangs de couleurs, on peut croire qu'elles ſont produites par de petites parcelles plattes de neige qui ſont dans les nuées, leſquelles commençant à ſe fondre prennent des figures un peu convexes vers leurs extrémitez, qui deviennent fort tranſparentes, & par cette raiſon elles laiſſent paſſer facilement les rayons; & à cauſe de leurs convexitez, elles ont des foyers où les rayons s'entrecoupent & font un ſemblable effet à l'égard de l'ordre des couleurs que les petites goutes d'eau, mais les couleurs en ſont plus belles.

J'obſervai un ſoir la Lune environnée d'une de ces Couronnes à deux rangs; les couleurs en étoient belles & diſtinctes; l'air étoit aſſez ſerein, & il n'y avoit aucune groſſe nuée, mais ſeulement une vapeur blancheâtre uniforme où ſe faiſoit la Couronne.

Je jugeai qu'elle procédoit de quelques parcelles plattes de neige fort legéres, dont les extrémitez tranſparentes avoient une convexité irréguliére, & par ce moyen il ſe faiſoit deux rangs de couleurs qui étoient contigus & non mêlez, comme dans l'Arc-en-ciel intérieur, où le violet du prémier rang & le rouge du ſecond ſe mêlent à cauſe de l'uniformité de la courbure ſphérique des goutes d'eau, qui ſépare moins les rayons qu'une courbure elliptique ou parabolique, &c. Cette Couronne avoit environ cinq degrez de diamétre, & la largeur des deux rangs de couleurs depuis le jaune intérieur juſques au rouge du rang extérieur, étoit d'environ deux degrez: je fis remarquer cette Couronne à pluſieurs perſonnes; car elle dura plus d'une heure.

Les parcelles tranſparentes de neige ont ſouvent des figures différentes, & alors il y a de la confuſion dans l'ordre des couleurs. J'ai vû quelquefois des nuées plus hautes de huit ou dix degrez que le Soleil, faire paroître de ces couleurs confuſes; mais ordinairement quand les nuées ſont épaiſſes & ſéparées, on voit deux rangs de couleurs, & rarement trois, vers leurs extrémitez, lors qu'elles ne ſont diſtantes que de deux ou trois degrez du Soleil, ou quand le Soleil étant caché dans le milieu de la nuée, ſa lumiére paſſe à travers les bords, qui ſont moins épais.

Pour bien diſtinguer ces deux rangs de couleurs, il faut en regardant les nuées, s'empêcher de voir le Soleil, & faire promptement l'obſer-

vation: Car si on regarde long-tems des nuées fort éclairées, les yeux s'éblouïssent, & on peut voir des couleurs qui procédent des impressions que la lumiére trop forte a laissées dans les yeux, qui empêchent de discerner les autres. De là vient qu'on voit plus aisément les couleurs des petites Couronnes dans l'eau par reflexion; ce qu'Aristote a remarqué dans ses Livres des *Météores*.

DOUZIÉME APPARENCE.

Les grandes Couronnes.

ON voit quelquefois pendant que l'air est assez serein, une grande Couronne d'environ quarante-cinq degrez de diamétre autour du Soleil ou de la Lune.

Les couleurs n'en sont pas ordinairement bien vives; le bleu est en dehors & le rouge en dedans; la largeur des couleurs est à peu près comme celle des couleurs de l'Arc-en-ciel extérieur.

EXPLICATION.

JE prens pour la cause de cette Apparence, de petits filamens de neige médiocrement transparens, qui ont la figure d'un prisme triangulaire équilateral.

Mes conjectures sont. 1°. Que les petites neiges plattes qui tombent pendant un grand froid & qui ont des figures d'étoiles, sont composées de petits filamens semblables à des prismes équilateraux, particuliérement celles qui sont faites comme des feuilles de fougére, représentées par la figure 41e; ce qu'on voit aisément par le microscope.

J'ai souvent regardé les filamens qui composent la gelée blanche, qui paroît comme de petits arbres sur les herbes dans les matinées froides du Printems & de l'Autonne, & je les ai trouvez taillez à trois facettes égales, & les regardant au Soleil, ils me faisoient voir des couleurs d'Arc-en-ciel.

Or il est vrai-semblable, qu'avant que ces petites figures d'arbres ou de petites étoiles de neige soient formées, il vole dans l'air parmi quelques vapeurs peu épaisses, plusieurs de ces prismes séparez, qui en se joignant forment ces petites figures d'arbres ou d'étoiles. Ces petites étoiles sont très-minces & très-legéres; & les petits filamens, qui les composent, le sont encore plus, & peuvent être soutenus par les vents fort long-tems en l'air : d'où il doit arriver que si l'air en est médiocrement rempli ; en sorte qu'il n'en soit pas beaucoup obscurci, il y aura plusieurs de ces filamens, soit qu'ils soient séparez, soit qu'ils ayent déja formé les petites étoiles, qui se tournant en tous sens par les différens mouvemens de l'air, seront disposez à faire passer vers nos

yeux

yeux pendant quelque tems, une lumiére rompuë colorée, ſemblable à peu près à celle que feroient paroître des priſmes équilateraux de verre.

2°. Que le rouge des couronnes eſt du côté de l'aſtre qui les produit; ce qui ſuit néceſſairement de la figure de ces priſmes, comme il ſera démontré en ſuite.

3°. Que les angles que doivent faire des priſmes équilateraux de glace, avec les rayons du centre du Soleil, ſont à peu près égaux à ceux ſous leſquels on voit ces grandes couronnes.

Ma méthode pour calculer ces angles eſt dans la Table ſuivante.

A B C dans la figure 42e. repréſente un priſme équilateral de glace. TAB. XII. Fig. 41.
Je ſuppoſe que D E continuée directement en *a b*, eſt un rayon du centre du Soleil faiſant l'angle D E A de 48d. F E *g* eſt une ligne perpendiculaire à A B; E M eſt le premier rayon rompu, & M*b* le deuxiéme; E M N eſt une ligne droite; M L eſt parallelle à D E *a b*; T M eſt perpendiculaire à B C.

SIXIÉME TABLE.

Angles	D E A	48d.	
	F E D	42.	
	g E M	30.	8'.
	B E M	59.	52.
	B M E	60.	8.
	C M N	60.	8.
	T M N	29.	52.
	T M *b*	41.	36.
	C M *b*	48.	24.
	a E B	48.	
	B *a* E	72.	
	C *a b* ou C M L	72.	
	b M L	23.	36.

Ce dernier angle fait connoître celui que le rayon rompu M *b* fait avec le rayon qui du centre du Soleil tend à l'œil en *b*; mais il en faut ôter 16'. pour le demi diamétre du Soleil, & 30'. pour l'écart du rouge, & il reſtera 22d. 50'. pour l'angle ſous lequel paroît l'extrémité du rouge de ces couronnes à l'égard du centre du Soleil.

J'ai calculé pluſieurs autres rayons de différentes incidences pour trouver les angles *b* M L qui leur conviennent.

On peut voir dans la ſeptiéme Table ceux qui ſont les plus néceſſaires.

SEPTIÉME TABLE.

Angles AED	Ang. bML	
70d.	30d.	55'.
69	29	56
65	27	6
64	26	36
60	25	7
59	24	52
55	24	4
50	23	30
49	23	37
48	23	36
47	23	38
45	23	42
40	24	12
36	24	54
35	25	6
30	26	26
29	26	45
21	29	51
20	30	26

On voit par cette Table que la lumiére comprise entre les rayons qui font les angles A E D de 70d. & de 69, n'est pas propre pour contribuer à la production des grandes couronnes, parce que les extrémitez de cette lumiére font un écart ou divergence d'environ un degré, & une telle divergence dissipe trop la lumiére qui fait les couleurs, & la rend trop foible pour être visible. La lumiére comprise entre le 21e. degré & le 20e. dont l'écart est de 35', & celle qui est entre le 65e. & le 64e. dont l'écart est de 30', font aussi de trop grandes divergences. Mais la lumiére peut commencer à être assez forte depuis le 60e. degré; car entre ce degré & le 59e. il n'y a que 15'. d'écart. Celle qui est comprise entre le 36e. & le 35d. peut aussi être assez forte, puis qu'il n'y a que 12' d'écart.

On prouvera que le rouge doit paroître du côté du Soleil en cette sorte.

Les petits triangles équilateraux *c u t* & 2 3 *d* dans la figure 40e. représentent deux des petits prismes qui composent les petites étoiles de neige; *y m* est l'extrémité d'un rayon du centre du Soleil; l'œil est supposé en *m*. Quelques rayons parallelles à *y m* tombant sur les côtez *u t*, 3 *d*, font leurs secondes refractions au delà des côtez *c t* & 2 *d*; *a* L, *i m*, sont deux de ces rayons; & *q m* & *r h* deux autres. Il est ma-

TAB. XII. Fig. 40.

ni-

nifeste par ce qui a été dit en l'explication de la figure 16e, que les rayons rompus *i m* & *r b* sont dans la convexité de la courbure, & *o l* & *q m* dans la concavité. Donc l'œil étant en *m* recevra le rayon rouge *i m* du prisme *c u t*, & le rayon bleu *q m* du prisme 2 3 *d*; mais il ne recevra point les rayons *o l* & *r b*, & par conséquent il verra du rouge du côté du Soleil, du centre duquel le rayon *y m* vient à l'œil, & il verra du bleu de l'autre côté.

Le rayon A E D du 48e. degré, qui fait le plus petit angle *b* M L, fera l'extérieur du rouge de la Couronne par son second rayon rompu M *b*; car il sera dans l'extérieur de la convexité de la courbure à l'égard de tous les autres. Les seconds rayons rompus du 49e. degré & du 47e. pourront aussi contribuer au rouge, parce que leur écart ou divergence avec le 2e. rayon rompu du 48e. n'est que d'une minute. Le reste des couleurs se fera à peu près comme dans l'Arc-en-ciel extérieur.

La foiblesse des couleurs peut être attribuée au peu de transparence de la plupart de ces petits prismes, & du petit nombre de ceux qui se trouvent bien disposez dans tous les endroits de la circonférence de la couronne pour envoyer à l'œil par refraction les rayons qui passent à travers.

On pourroit attribuer la production de ces grandes couronnes, aux petites grêles de figure pyramidale, dont les bords sont un peu transparens, & le milieu est comme de la neige; lesquelles on voit assez souvent tomber quand il fait un froid médiocre. Car s'il arrive que leurs surfaces soient inclinées à celle de leur base d'environ 60 degrez, elles pourront faire des effets à peu près semblables à ceux que font les prismes: & ces petites grêles pouvant être fort petites & fort legéres dans leurs commencemens, aussi bien que les petits prismes, & pouvant aussi être disposées en tous sens à l'égard du Soleil ou de la Lune; il y en auroit toujours quelques-unes qui seroient en une situation propre à renvoyer à l'œil des rayons sous un angle d'environ 22d. 30′, pour l'extrémité du rouge, & de 24d. 30′, pour l'autre extrémité visible.

Je vis un jour trois de ces grandes Couronnes paroître l'une après l'autre; chacune d'elles dura fort peu de tems; & il tomba ce jour-là plusieurs fois de ces petites grêles taillées en pyramides.

On pourroit encore supposer qu'il y a dans l'air quelques autres météores qui peuvent former ces Couronnes, savoir de petites parcelles de salpêtre ou de quelques autres sels taillez en pyramides ou en prismes, ou même quelques matiéres semblables à celles qu'on voit tomber en grands filamens blancs pendant l'Automne, quand, après quelques pluies, il fait beau tems deux ou trois jours de suite: car ces filamens font des couleurs d'Arc-en-ciel étant exposez au Soleil; & lors qu'ils sont encore en parcelles fort petites, & imperceptibles, ils peuvent avoir des figures propres à faire paroître les grandes Couronnes. Je me sers de l'hypothêse des petits prismes triangulaires plutôt que d'au-

cune autre, parce qu'elle me paroît très-vrai-semblable.

TREIZIÉME APPARENCE.

Les Parélies ou faux Soleils.

Les Parélies ou faux Soleils sont des lumiéres fort vives qui paroissent quelquefois à côté du Soleil. Ceux qui sont les plus ordinaires, se voyent en même tems que les grandes Couronnes, & sont placez dans la même circonférence deça & delà du Soleil. Ils ont autant de degrez d'élévation que le Soleil, & ils ont des couleurs à peu près semblables à celles de l'Arc-en-ciel. Leur figure est ovale, & le diamétre selon l'ordre des couleurs est environ deux fois plus grand que l'autre; le rouge & le jaune sont du côté du Soleil, & le bleu & le violet de l'autre côté; on voit rarement le violet.

EXPLICATION.

Parmi les petits prismes équilateraux qui font les grandes Couronnes, il y en a souvent beaucoup qui ont une de leurs extrémitez plus legére que l'autre, & par cette raison ils doivent être en une situation perpendiculaire. Ces petits prismes étant à la hauteur du Soleil & à 23 degrez de distance à peu près, doivent faire paroître des couleurs semblables à celle que font paroître les prismes équilateraux de verre; le rouge doit être tourné du côté du Soleil, par les mêmes raisons qui ont été dites à l'égard des grandes Couronnes; & le bleu, de l'autre côté.

Les couleurs des Parélies sont plus belles que celles des grandes Couronnes, parce qu'il y a plus de petits prismes à proportion, qui sont en une situation perpendiculaire, & qu'ils peuvent être mieux formez, & plus transparens vers leur extrémité la plus pesante. On a de la peine à voir le violet, parce qu'étant plus foible que les autres couleurs, il se dissipe trop à une grande distance.

On ne voit qu'un seul Parélie quand les Couronnes ne sont pas entiéres; & cela arrive quand les vapeurs où sont les petits prismes, ne sont que d'un côté du Soleil.

On voit souvent des Couronnes entiéres sans Parélies, parce qu'il y a peu de petits prismes qui soient alors disposez à se tenir en une situation perpendiculaire, ou que le Soleil est trop élevé.

On voit aussi des Parélies sans Couronnes.

J'observai un jour pendant l'Automne, une nuée élevée de 15 ou 16 degrez sur l'horison, le Soleil étant à cette hauteur. Elle étoit large selon sa situation verticale, de 8 ou 10 degrez; & longue de plus de 50 degrez selon sa situation horisontale, qui étoit à peu près parallelle à la ligne du Midi. Le Soleil paroissoit à travers le milieu de cette nuée; mais on ne distinguoit pas sa figure, & il étoit environné d'u-

ne petite Couronne d'environ un degré & demi de diamétre. Je vis deux Parélies ou faux Soleils vers les extrémitez de la nuée avec des couleurs fort vives, & qui avoient autant ou plus d'éclat, principalement le verd, que le véritable Soleil. Il ne paroissoit point de grande Couronne, parce que l'air étoit très-pur au dessus & au dessous de la nuée, qui devoit être composée en partie de ces petits prismes perpendiculaires.

Ces faux Soleils durérent jusques à ce que le Soleil fut élevé au dessus de la nuée.

On voit souvent à côté des Parélies colorez, une queuë assez longue, d'une blancheur fort éclatante, & dans une situation à peu près horisontale.

J'observai un jour pendant le Printems, environ sur les trois heures après midi, des nuées élevées au dessus du Soleil, mais un peu à côté: Elles étoient fort proches l'une de l'autre, & la plupart se touchoient; (on dit vulgairement quand on voit de ces sortes de nuées, que le tems est pommelé.) Il paroissoit dans ces nuées des couleurs d'Arc-en-ciel sans ordre; ce qui devoit proceder apparemment de plusieurs petites parcelles de neige de diverses figures irréguliéres: mais il tomboit de ces nuées élevées une petite nuée blancheâtre, dans laquelle paroissoit environ la moitié d'une grande Couronne avec d'assez belles couleurs, & un seul Parélie fort éclatant, ayant une longue queuë d'une blancheur très-vive; cette queuë s'étendoit presque horisontalement à plus de 30^d. au delà du Parélie. Je jugeai que cette nuée peu condensée, qui étoit comme un écoulement des nuées supérieures, étoit composée de plusieurs de ces petits prismes qui peuvent se tourner en tous sens, lesquels étant plus pesants que les autres parcelles des nuées élevées, n'avoient pû être soutenus à la même hauteur; ceux qui étoient en une situation perpendiculaire formoient le Parélie coloré selon la maniére qui a été expliquée.

Voici comme j'explique la longue queuë.

Les mêmes petits prismes qui font les Parélies, & que je considére ici comme des prismes réguliers, pour la facilité de l'explication, demeurent toujours dans une situation perpendiculaire; mais ils sont tournez en plusieurs sens autour de leur axe, qui est la ligne qui joint les centres de leurs bases: d'où il s'ensuit, qu'il y en a plusieurs qui tournent une de leur faces, directement au Soleil, ou à peu près, quand il n'est pas beaucoup élevé.

Considérez la figure 43^e. & supposez qu'elle représente la section d'un de ces prismes située horisontalement.

Il a été dit dans l'explication de la figure 24^e, que la lumiére du Soleil tombant directement sur la surface A B entre T & A, passe sans se rompre sur A C en *e f*, d'où elle se refléchit entiérement sur B C, & passe au delà sans se rompre & sans faire paroître aucunes couleurs en I L.

Cette lumiére, après avoir paſſé au travers du priſme en cette maniére, doit être auſſi forte que celle qui ſe refléchit ſur les miroirs ordinaires où il y a du vif-argent; car il s'y fait de même une reflexion entiére, & deux foibles reflexions en paſſant de l'air dans le verre & en repaſſant du verre dans l'air.

On peut donc tirer la même conſéquence à l'égard des petits priſmes de glace ſituez perpendiculairement: car A B C en la figure 43ᵉ. étant la ſection d'un de ces priſmes, l'œil étant en L à une diſtance aſſez grande, & recevant la lumiére du rayon *d e* μ, qui paſſe à travers A B & enſuite à travers A C, ſans ſe rompre, parce que *d e* μ eſt perpendiculaire à A B; il doit voir un grand éclat de blancheur vers le point μ, où le rayon ſe refléchit entiérement; & cette blancheur ſera vûë à 60 degrez du Soleil: ce qui ſe prouve ainſi.

TAB. XII. Fig. 43.

A L parallelle à T C, eſt un rayon qui vient du centre du Soleil; l'angle L A O eſt donc de 30ᵈ: & L O A étant un angle droit, l'angle A L O ſera de 60ᵈ.

Si l'angle D E B eſt de 80 degrez, ſon rayon rompu E M tombera au deſſous du point *g*, où tombe F E *g* parallelle à T C; & il ſe refléchira entiérement par la troiſiéme Suppoſition, puiſque l'angle E M B ſera moindre que l'angle F *g* B qui eſt de 30 degrez; & repaſſant à travers A C, il fera une refraction en *o h* contraire à la premiére, ſi le rayon eſt conſidéré comme ſolide; & par conſéquent il ſera vû ſans couleurs par le ſeptiéme Principe; mais l'écart de ſa blancheur ſera un peu moindre que celle qui vient du rayon *d e* μ, parce que l'incidence D E étant oblique, il ſe refléchit plus de lumiére aux points E & *o*, que quand l'incidence eſt perpendiculaire.

On connoitra aiſément à quelle diſtance du Soleil ſera vûë la blancheur du rayon *o h*, qui vient du rayon D E, & celle de tous les autres rayons, dont les premiers rayons rompus auront fait une reflexion de B C ſur A C. Car les angles d'incidence & de reflexion au point M étant égaux, l'incidence du rayon M *o* ſur A C ſera égale à l'incidence réciproque du rayon M E ſur A B. Donc le rayon rompu *o h* fera l'angle C *o h* égal à l'angle D E B; mais le rayon D E étant continué directement en *a b* & coupant A C en *a*, l'angle A *a* E ou C *a b* ſera toujours le complément de l'angle D E B ou A E *a* juſques à 120 degrez.

Si donc D E B eſt de 76 degrez, C *a b* ſera de 44 degrez; & C *o h* étant de 76 degrez, comme il a été prouvé, *o h* & *a b* continuées ſe rencontreront: & l'angle *a h o* fera connoître que l'œil étant en *h* il verra le centre du Soleil par le rayon viſuel *h a*, & l'éclat de la blancheur par le rayon viſuel *h o*; & que l'angle compris de ces deux rayons ſera de 32 degrez, différence de l'angle C *o h* de 76ᵈ, & de *h a o* de 44ᵈ.

Il eſt manifeſte par le calcul, que ſi l'angle D E B eſt de 48ᵈ. 11ʹ, le premier rayon rompu E M, qui ſera alors parallelle à B C, tombera ſur A C, & fera des couleurs en ſa ſeconde refraction; & que les autres

tres rayons qui feront l'angle D E B au dessus de 49 degrez, pourront tomber en leur premiére refraction sur B C continuée s'il est besoin: Mais, afin que leurs premiers rayons rompus puissent tomber entre B & C, il est nécessaire que le point E soit très-proche du point B, car autrement ces rayons rompus tomberoient sur A C, & ne feroient point paroitre de blancheur. D'où je conclus, que si l'angle D E B est de 65 degrez, on ne pourra voir sa blancheur: car son premier rayon rompu E M fera l'angle *g* E M de 18^d. 29'; & par conséquent B E M sera de 108^d. 29', & E M B de 11^d. 31'. Or si l'on suppose que les petits prismes de glace ayent une ligne de largeur en chacune de leurs surfaces, & que la ligne E M soit de ¾ de ligne; on trouvera par le calcul que E B ne sera que d'environ ⅙ de ligne. Et parce que les triangles B M E & M *o* C sont semblables, *o* C ne sera que le tiers de E B, c'est-à-dire qu'environ $\frac{1}{18}$ de ligne. Mais j'ai souvent remarqué que les extrémitez de ces petits prismes étoient un peu neigeuses & obtuses. D'où il s'ensuit, que depuis le rayon qui fait l'angle E D B de 60^d. jusques à celui qui le fait de 70 degrez, il n'y en a aucun qui puisse faire paroître un éclat de blancheur à l'œil situé au delà de A C, parce que leurs rayons rompus & refléchis s'embarassent dans ces extrémitez irréguliéres, & s'il arrive qu'on voye quelquefois de la blancheur par ces rayons, il faut que les prismes soient alors très-réguliers.

Quand D E B est de 60 degrez, son second rayon rompu est parallelle au rayon D E *a b*, parce que l'angle C *o b* est de 60^d. aussi bien que l'angle C *a b*, & ainsi sa blancheur ne pourroit être vûë que selon les rayons qui viendroient du Soleil, qui la rendroient invisible.

Depuis le 60^e. degré jusques au 48^e 11'. les seconds rayons rompus font les angles C *o b* plus petits que les angles C *a b*. D'où il s'ensuit, que l'œil étant dans la ligne *a b*, il ne recevra point le rayon *o b*.

Si G T est le rayon d'incidence, & que l'angle G T A soit de 74^d. 43', la premiére refraction en T *m* fera l'angle T *m* B de 41^d. 24', lequel par la 3^e. Supposition sera à peu près le plus grand de tous ceux qui feront refléchir entiérement la lumiére; & par cette raison le second rayon rompu fera voir de la blancheur, mais un peu moins forte que celle qui vient du rayon *d e*, à cause que l'incidence G T est oblique.

On trouvera l'angle de la distance de cette blancheur jusques au Soleil, en tirant la ligne A λ parallelle à G T jusques à ce qu'elle rencontre le second rayon rompu de G T: car à cause de la similitude des triangles T *m* B & ω *m* C, l'angle A ω λ sera de 74^d. 43'; & parce que L A λ est de 15^d. 17', aussi bien que G T ∂, l'angle ω A λ sera de 14^d. 43', différence de 30^d. & de 15^d. 17'. D'où il s'ensuit, que l'angle A λ ω, sous lequel on verra la distance entre le Soleil & la blancheur du rayon λ ω, sera de 90^d. 34'.

Par les mêmes raisons, l'angle G T A étant de 75 degrez, l'angle A ω λ sera aussi de 75 degrez, & l'angle λ A ω de 15 degrez. Donc l'ange A λ ω sera de 90 degrez.

Si

Si G T A est de 80^d, l'angle A ω λ sera de 80^d, & ω A λ de 20^d, & par conséquent A λ ω sera de 80^d; & plus l'angle G T A approchera de 90^d, plus l'angle ω λ A diminuëra.

Tous les autres rayons qui feront G T A moindre que 74^d. 43′, feront l'angle T *m* B plus grand que 41^d. 24′. D'où il arrivera qu'une bonne partie de la lumiére passera au delà de B C par refraction, & qu'il s'en refléchira aussi beaucoup par les obliquitez des incidences, ce qui rendra le rayon ω λ très-foible, & fera que sa blancheur ne paroitra que très-rarement.

Il résulte de tous ces raisonnemens, que la queuë blanche d'un Parélie ne doit commencer à être bien visible, qu'à environ 20 degrez de distance du Soleil, & qu'elle ne doit s'étendre que fort peu au delà du 90e. degré; & par ce moyen elle ne peut avoir qu'environ 70 degrez d'étenduë, mais ordinairement elle en aura beaucoup moins, & ne passera pas trente où quarante degrez, parce que les petits prismes s'étendent rarement assez loin à côté des spectateurs pour faire voir une queuë plus longue.

On ne doit point croire que cette apparence de blancheur procéde des reflexions qui se font sur les surfaces, qui sont tournées du côté du Soleil, soit des petits prismes, soit de quelques autres météores: car ces reflexions renvoyent une lumiére trop foible, particuliérement quand les rayons tombent directement ou peu obliquement.

On en peut voir l'expérience, si on tient à la main une chandelle allumée, & qu'on la regarde dans un grand miroir dont la glace soit fort épaisse. Car la flamme de la chandelle qu'on verra par la reflexion sur le vif-argent qui est au delà de la glace, est sans comparaison plus éclatante que celle qu'on voit par la reflexion qui se fait sur la premiére surface du verre: Et si on se place entre deux chandelles allumées qui soient à peu près à même hauteur, & comme aux points *d* & *p* de la figure 43e; celle qui sera au point *p*, & qui refléchira sa lumiére sur la surface A C de *p y* en *y* L, vers l'œil en L, paroitra beaucoup moins éclatante par ce rayon *y* L, que l'autre par le rayon O L, qui viendra par reflexion de *d e* μ en μ O L.

Pour bien faire cette expérience, il faut que l'œil, qu'on suppose être au point L, soit à la même hauteur que les flammes des chandelles; que le prisme soit situé perpendiculairement; & que les rayons visuels qui vont aux points *d* & *p*, comprennent à peu près un angle droit.

Quand le Soleil est fort élevé les Parélies paroissent un peu au dehors de la Couronne.

J'ai lû dans une Relation, qu'une grande Couronne ayant paru un peu après le lever du Soleil au mois de Mai, les Parélies étoient dans la circonférence de la Couronne; mais que deux ou trois heures après ils en parurent séparez à plus d'un degré de distance.

Cette apparence procéde de ce que le Soleil étant proche de l'horison, les sections des petits prismes perpendiculaires, où se font les refra-

fractions, sont à peu près horisontales : au lieu que quand le Soleil est élevé de 25 ou 30 degrez, les incidences sur ces prismes sont plus obliques ; & par conséquent les refractions se font plus grandes, & jettent les Parélies en dehors.

On verra un semblable effet, si on place deux chandelles allumées en sorte que l'une soit à trois ou quatre piés de distance de l'autre, & directement au dessus : car si on tient l'œil à la hauteur de la chandelle la plus basse, & qu'on les regarde à travers un prisme de verre situé perpendiculairement, & tourné de maniére qu'on voye les flammes des chandelles avec des couleurs ; celle d'enhaut, qui représentera le Soleil quand il est fort élevé, paroitra beaucoup à côté de l'inférieure, qui représente le Soleil proche l'horison.

La longueur des Parélies n'est que de deux degrez & quelques minutes. La différence des angle *h* M L du 60^{e}. & du 48^{e}. degré qui est d'un degré 31′, fait une partie de cette longueur ; le reste procéde de l'écart du rouge & du bleu. Si on voyoit le violet, le Parélie pourroit s'étendre à deux degrez & demi selon l'ordre des couleurs. TAB. XII. Fig. 42.

Ce qui doit faire la plus grande difficulté dans les explications des grandes Couronnes & des Parélies, est que je suppose que chacune de ces apparences est produite par des prismes de semblable figure, & cependant les couleurs des Couronnes sont peu vives, & celles des Parélies ont beaucoup d'éclat. Mais on pourra se satisfaire là dessus, si l'on considére que les Arcs-en-ciel qui se font dans les brouillards, n'ont que de la blancheur, & que ceux qui se forment dans les goutes des pluiës ont des couleurs fort belles, particuliérement quand les goutes sont fort grosses : Car en tirant les mêmes conséquences à l'égard des prismes de neige glacée, on jugera aisément que ceux qui sont les plus petits & qui par leur legéreté sont tournez facilement en tous sens par les moindres mouvemens de l'air, doivent faire des couleurs fort foibles, à cause de la petitesse de l'espace transparent qui est entre leurs bords neigeux ; au lieu que ceux qui font les Parélies, étant plus grands & mieux formez, doivent faire des couleurs très-vives.

C'est par la même raison que les grandes Couronnes durent ordinairement plus long-tems que les Parélies ; car leurs petits prismes étant plus legers, il se soutiennent plus long-tems en l'air.

Il y a des Auteurs & des Relations qui assurent, qu'on a vû des faux Soleils sans couleurs au dessus ou au dessous du véritable ; qu'il y en avoit quelques autres qu'on voyoit en tournant le dos aux faux Soleils colorez, & qu'ils paroissoient tous en même tems, dans un grand cercle horisontal tout blanc.

Je n'entreprens point d'expliquer ici ces apparences, parce que je n'en ai jamais vû de semblables, & que je n'ai point de certitude des circonstances qui les accompagnent.

TRAITÉ DES COULEURS.

SECONDE PARTIE.

DES COULEURS QUI PAROISSENT A TRAVERS L'AIR PUR SUR LES CORPS LUMINEUX ET ILLUMINEZ.

CEs couleurs sont appellées fixes & permanentes, pour les distinguer de celles qui se produisent par le passage de la lumiére à travers les corps transparens sans couleur.

Il y en a cinq principales; le blanc, le noir, le rouge, le jaune, & le bleu: Toutes les autres se peuvent faire par le mélange de quelques-unes de celles-ci; le jaune & le bleu mêlez ensemble font du verd, le rouge & le bleu font du violet.

Il y a des corps lumineux de différentes couleurs; le Soleil est blanc, de même que la plupart des étoiles fixes: Il y en a quelques-unes qui ont beaucoup de rougeur, comme l'œil du Taureau, & le cœur du Scorpion: Il y en a aussi de jaunes & de bleuës. Quand on regarde le Soleil à travers un air très-pur, il éblouït & on ne peut discerner sa blancheur: mais si on fait refléchir sa lumiére avec une glace de verre fort polie & sans couleur sur de l'eau claire, & que cette lumiére se refléchisse encore de la surface de l'eau vers les yeux, on verra deux Soleils très-blancs; il en paroît deux à cause que chaque surface du verre fait sa reflexion à part: Cette lumiére se voit sans peine, parce que la plupart des rayons passent à travers le verre, & qu'une bonne Partie de ceux qui s'y refléchissent entrent dans l'eau.

On peut remarquer aussi la blancheur du Soleil, quand on le regarde au travers de certains brouillards médiocrement épais.

La flamme du souphre & celle de l'esprit de vin sont bleuës. Le bois pourri, les vers luisans, les écailles de quelques Poissons de Mer, jettent des lumiéres qui tirent aussi sur le bleu.

La flamme du bois est de différentes couleurs; on y voit du blanc, du jaune, du rouge, & du bleu.

Les Corps qui ne ſont pas lumineux n'ont point de Couleurs, à parler proprement : car puiſqu'elles ne conſiſtent que dans les impreſſions que la lumiére modifiée fait ſur les organes de la viſion, il eſt manifeſte que ce qui n'a point de lumiére, ne peut faire de ſoi-même aucune impreſſion de couleur. Il eſt vrai que ces corps, par les diſpoſitions & les ſtructures intimes de quelques-unes de leurs parties, donnent des modifications à la lumiére qui les éclaire, & par cette raiſon on peut dire qu'ils produiſent les couleurs qu'ils font paroître : Ainſi, quand on dit qu'une Roſe eſt rouge, on peut entendre qu'elle a quelques diſpoſitions particuliéres qui peuvent modifier la lumiére d'une maniére propre à faire paroître de la rougeur.

Les plus belles couleurs fixes paroiſſent ſur les fleurs & ſur les plumes des oiſeaux : l'art les imite aſſez bien dans les teintures des étoffes, par le mélange de diverſes drogues dont quelques-unes ſont claires & tranſparentes comme de l'eau pure. On voit auſſi de très-belles couleurs dans la plupart des Pierres précieuſes & dans quelques Minéraux.

Quelques-unes des couleurs qui paroiſſent ſur les ſurfaces des Corps illuminez, ſe font par des refractions : celles-là ſont changeantes ſelon les différentes poſitions des yeux, comme on peut le remarquer dans les Opales, & dans la Nacre de Perles, où un même endroit paroît ſucceſſivement rouge ou verd, ſelon qu'il eſt regardé plus ou moins obliquement.

Il ſe fait encore très-ſouvent des apparences de couleurs par les impreſſions dont nos yeux ſont prévenus, leſquelles ſe confondant avec celles des objets préſens, font paroître leurs couleurs d'une autre maniére qu'elles ne paroitroient.

Pour expliquer avec ordre toutes ces différences, je diviſerai cette ſeconde Partie en quatre Diſcours.

Dans le premier je parlerai des couleurs qui paroiſſent ſur les Corps lumineux.

Dans le ſecond j'expliquerai celles qui procédent de quelques réfractions que la lumiére ſouffre, quand elle pénétre un peu les premiéres ſurfaces de quelques Corps, & qu'elle ſe refléchit en ſuite vers nos yeux.

Dans le troiſiéme je traiterai des couleurs qui paroiſſent toujours les mêmes à peu près, ſoit qu'on les regarde directement ou obliquement, comme ſont celles qui paroiſſent ſur les Fleurs, ſur les Etoffes, dans les verres colorez, &c. J'appellerai ces Couleurs fixes & permanentes, pour les diſtinguer des autres.

Le quatriéme contiendra les raiſons de pluſieurs apparences cauſées par les éblouïſſemens, ou par quelques autres modifications des organes de la viſion, qui font changer les apparences ordinaires des Couleurs.

PREMIER DISCOURS.

DES COULEURS QUI PAROISSENT DANS LES CORPS LUMINEUX.

LA lumiére vive & forte des Corps lumineux les fait toujours paroître blancs. On en voit l'expérience dans la lumiére du Soleil, qui s'eſt teinte de quelques couleurs en paſſant par des vitres colorées: Car ſi on reçoit cette lumiére ſur un verre convexe dont le foyer ſoit de 8 ou 10 pouces, elle paroitra colorée deça & delà du foyer; mais dans le foyer, où elle ſera forte & réünie, elle paroitra toute blanche; & ſi on met un papier noirci dans le foyer d'un petit miroir brûlant, l'endroit où la lumiére du Soleil ſera réünie paroitra blanc, avant que le feu s'y mette.

Le charbon allumé eſt rouge; mais ſi on augmente la force de ſa lumiére en le ſoufflant, il paroitra blanc; & il reprendra ſa couleur rouge, quand on aura ceſſé de ſouffler & que ſa lumiére s'affoiblira.

La lumiére très-forte & blanche paſſant au travers des fumées du feu & des exhalaiſons de la terre, & s'affoibliſſant par ce paſſage, prend une couleur rouge.

La flamme de l'Eau de vie, celle du ſouphre, & la plupart des autres flammes foibles, donnent des lumiéres bleuës.

Quelqus Philoſophes attribuent ce dernier effet à la diſcontinuation de la lumiére, & ils attribuent au mélange du blanc & du noir, la rougeur que les fumées donnent à la lumiére blanche. Je demeure d'accord que la flamme de l'Eau de vie & celle du Souphre ſont diſcontinuées, & que c'eſt une condition néceſſaire à la lumiére pour paroître bleuë, d'être diſcontinuée; car ſi elle étoit ſerrée & forte, elle paroitroit blanche: mais cette condition n'eſt pas la cauſe poſitive de la couleur bleuë, comme on peut le juger par les expériences ſuivantes.

Ayez un petit carré de papier blanc d'environ ſix lignes de largeur; faites y pluſieurs petits points noirs avec de l'encre, en ſorte qu'il y ait à peu près autant de noir que de blanc: ce petit papier étant mis ſur du noir, & étant regardé de dix ou douze piés, paroitra blanc, & non bleu, quoique la blancheur ſoit diſcontinuée. Mettez du vif-argent bien net avec un peu d'eau fort claire ſur un carton noir; vous pourrez le réduire en pluſieurs petites goutelettes rondes qui ſe toucheront. Chaque goutelette fera le même effet qu'un petit miroir convexe, & fera paroitre comme en un point la lumiére du Soleil qui s'y refléchit; mais vous ne verrez aucune reflexion de lumiére ſenſible dans les intervalles qui ſéparent ces points lumineux, & par conſéquent, leur lumiére ſera fort diſcontinuée: Et cependant, ſi vous regardez ces goutelettes d'un peu loin, il n'y paroitra point de bleu, mais elles paroitront com-

me une blancheur continuë, de même qu'il paroît un bleu continu dans la flamme de l'Eau de vie, & dans celle du Souphre, quoiqu'elles soient beaucoup discontinuées, la premiére par des vapeurs aqueuses, & l'autre par le mélange de ce qui se réduit par la distillation en une liqueur acide, qu'on appelle l'aigre de Souphre. D'ailleurs, la flamme de l'Esprit de vin très-rectifié ne paroît pas moins bleuë que celle de l'Eau de vie, quoiqu'elle soit beaucoup moins discontinuée. D'où il s'ensuit, que la couleur bleuë de ces flammes ne procéde pas de la seule discontinuation. Il est encore manifeste que le mélange du blanc & du noir ne produit pas nécessairement une couleur rouge, puis que les Peintres mêlant du blanc de plomb avec du noir de fumée, font par ce mélange une peinture qui tire sur le bleu & non sur le rouge. Ma pensée est, qu'il est très-difficile de donner les causes certaines de ces couleurs différentes, & que, suivant ce qui a été établi au commencement de ce Traité, il suffit de dire que les lumiéres foibles & discontinuées des fumées allumées de l'Eau de vie, du Souphre, & des autres exhaisons subtiles & rarefiées, sont disposées à l'égard des organes de la vision, d'une maniére propre à faire paroître du bleu; & que les lumiéres fortes, particuliérement celles des matiéres solides embrasées, passant au travers de quelques fumées épaisses, y reçoivent une modification propre à faire paroître une couleur rouge: & il est aisé de juger qu'il doit y avoir une différence sensible entre les effets d'une matiére grossiére & terrestre, & ceux d'une exhalaison legére.

Ces choses étant supposées comme des Principes d'expérience, on pourra suffisamment expliquer les différentes couleurs de tous les corps lumineux. En voici quelques exemples.

Le fer, qui est une matiére pesante & solide, étant bien embrasé paroît blanc, parce qu'alors toutes ses parties sont lumineuses, & que la lumiére en est très-vive; mais en se refroidissant, les parties extérieures, qui s'éteignent les premiéres, obscurcissent par le mélange de quelques fumées terrestres non allumées, la lumiére des intérieures & la font paroître jaune, puis rouge, & enfin d'un rouge fort obscur quand le fer est sur le point de n'être plus lumineux.

La flamme d'une chandelle est bleuë en sa partie la plus basse, par sa propre couleur, & parce qu'il y a peu de matiére allumée; le milieu est blanc, à cause que la flamme bleuë du dessous se mêle, en s'élevant, avec les autres flammes bleuës qui se font plus haut, & les fortifie en sorte qu'elles ont assez de vivacité toutes ensemble pour faire un éclat de blancheur; mais au haut de la flamme, il y a déja des fumées des parties basses qui sont éteintes, lesquelles obscurcissant l'éclat de celles qui sont allumées, les font paroître jaunes ou rouges, selon qu'il y a plus ou moins de leur mélange. On voit aussi de la blancheur au haut de la flamme de l'Esprit de vin très-rectifié, & quelque fois du rouge au haut de celle de l'Eau de vie quand il y a quelque mélange de parties

groffiéres. On expliquera de même les couleurs différentes de la flamme du Bois.

Si on jette parmi du fable mouillé une médiocre quantité de Mine de fer fonduë, il s'en éléve jufques à trois ou quatre piés de hauteur plufieurs parcelles enflammées, qui paroiffent comme de petites étoiles bleuës; & lorfque le fer eft embrafé, il jette des étincelles bleuâtres, & une efpéce de flamme mêlée de blanc & de bleu: Ces lumiéres bleuës procédent des fumées du fouphre du fer, lefquelles étant allumées font très-fubtiles & très-rarefiées.

Par les mêmes raifons la flamme du Cuivre fondu eft bleuë, mais ce bleu eft mêlé de violet & de verd. Cette derniére couleur eft particuliére au Cuivre, & elle vient des mêmes Principes, qui font que fa rouille, qu'on appelle du verdet ou du verd de gris, eft d'un verd tirant fur le bleu. On voit auffi cette couleur verte dans les vieilles Médailles qu'on trouve dans de la terre humide.

Les petits charbons qui font au milieu du feu, étant médiocrement embrafez paroiffent rouges & jaunâtres, par leur terreftréïté & par le mélange des fumées qui en fortent: mais quand leur matiére inflammable commence à s'ufer, & qu'ils fe couvrent de cendre, la derniére parcelle qui demeure en feu, paroît très-blanche, & éclatante un moment avant qu'elle s'éteigne, parce qu'alors il n'y refte plus aucune fumée qui puiffe obfcurcir fa lumiére & la faire paroître rouge. Par les mêmes raifons, les étincelles qui fortent du charbon allumé font rouges au commencement, & prennent un éclat de blancheur fur la fin de leur lumiére.

Une tuile étant expofée à un Miroir brûlant, jufques à ce que l'endroit qui eft au foyer foit fondu, & étant retirée enfuite; cét endroit paroît blanc par la force de fa lumiére qui vient d'une matiére folide & terreftre, mais incontinent après il devient jaune & enfin rouge par l'affoibliffement de fa lumiére, & par le mélange des fumées terreftres & groffiéres.

Le verre fondu bien embrafé eft blanc, & devenant peu à peu moins chaud, il paroît jaune & enfuite rouge; ces couleurs procédent de fa matiére terreftre, & des fumées qui en fortent, quoiqu'elles foient invifibles.

Pour s'affurer qu'il fort des fumées de ces matiéres, on pourra faire l'obfervation fuivante.

Les émailleurs fondent le verre, en faifant paffer le vent d'un petit foufflet à travers la flamme de leur lampe. Ce vent pouffe ou entraine après foi, comme un petit dard de flamme bleuâtre, qui rencontrant de l'émail de verre ou du fil de fer, les allume d'un feu qui eft rouge au commencement & enfuite blanc. Ce petit dard de flamme paroît encore bleu au delà de ces matiéres avant qu'elles foient en feu: mais quand elles font embrafées, la flamme de la lampe qui paffe au delà, de-

vient

vient jaune & rouge; ce qui ne peut arriver que parce qu'elle emporte de petites particules terreftres, & quelques fumées groffiéres du verre & du fer quand ils font en feu. Si l'Emailleur fe fert dans fa lampe d'huile de Cheval au lieu d'huile de Navette, le petit dard de flamme fera jaune & non bleu, à caufe de la groffiéreté de cette matiére huileufe.

Le verdet en poudre mis fur du fer rouge fous du bois allumé, fait paroître des flammes vertes par le mélange de fes fumées avec la flamme du bois qui les allume.

Si vous mettez en un petit paquet ce qu'on retranche des bords d'un chapeau noir pour l'arrondir, & que vous jettiez ce paquet dans un affez grand feu; vous verrez au commencement une flamme blanche, & enfuite de très-belles couleurs de bleu, de verd, & de violet, pendant l'efpace d'un quart d'heure: la blancheur procéde de la matiére de l'étoffe, dont la flamme eft affez tôt éteinte: les flammes vertes, bleuës, & violettes, qui durent long-tems, viennent du mélange du verdet avec quelques autre drogues qu'on employe pour teindre les Chapeaux en noir. Si l'on veut qu'il paroiffe beaucoup de verd, il faut mettre le bout d'un tifon allumé auprès de la flamme bleuë ou violette; car les parcelles du verdet en feront plus fortement allumées, & feront mieux paroître leur beau verd.

Les Etoiles qui paroiffent rouges ou jaunes, doivent avoir une grande lumiére, dont la vivacité eft obfcurcie par quelques exhalaifons qui s'étendent autour d'elles: celles qui paroiffent bleuës ont une lumiére foible, mais pure & fans mélange d'exhalaifons.

La lumiére du bois pourri & celle des vers luifans paroiffent bleuës, à caufe de la fubtilité de quelques exhalaifons de fels volatiles ou de matiéres fulphurées qui n'ont point de chaleur fenfible: il eft vrai-femblable que ce n'eft point une matiére allumée, puifque l'eau ne l'éteint point, qu'elle n'a aucune chaleur fenfible, & qu'elle ne fe confomme point. Les Phofphores artificiels, qui font paroître une lueur bleuë étant mis dans de l'eau, peuvent être d'une femblable nature; comme auffi les lumiéres bleuës de l'eau de la mer agitée, & celles qui paroiffent dans de certaines parties des chairs de quelques animaux quand elles commencent à fe corrompre.

Quand le Soleil & la Lune fe lévent ou fe couchent, ils paroiffent ordinairement fort rouges. Cette rougeur procéde de ce que leur lumiére paffe au travers de quantité de fumées terreftres & falpétreufes qui rempliffent l'air proche de la terre; ce qu'on croira facilement, fi l'on fait que lors qu'on diftille du Salpêtre pour faire de l'Eau forte, les fumées qui montent & qui circulent dans le balon, paroiffent très rouges quand on tient une chandelle allumée au delà du balon, & qu'on la regarde à travers ces fumées. On voit auffi le Soleil rouge, fi on le regarde à travers un verre où l'on ait mis une petite épaiffeur d'encre ou de noir de fumée.

On

On pourra expliquer de même les couleurs des autres Corps lumineux.

Il faut remarquer ici que la lumiére & la chaleur du Soleil passent avec une égale facilité à travers le verre & les autres corps transparens; ce qu'on peut observer en mettant une glace de verre sur un petit miroir concave de métail exposé au Soleil: Car, il fera un semblable effet à peu près dans son foyer pour mettre le feu, comme s'il n'y avoit point de verre; & la différence sera seulement d'environ une cinquiéme partie, qui est à peu près ce que la lumiére perd par les reflexions qui se font sur les surfaces du verre en passant & repassant. Mais, il n'en est pas de même de la chaleur du feu & de sa lumiére: car sa lumiére passe facilement à travers le verre, & sa chaleur n'y passe point, ou bien il y en passe très-peu; vous en pourrez faire l'expérience en cette sorte.

Servez-vous du même petit miroir concave, & le tenez à deux ou trois piés de distance d'un assez grand feu; faites refléchir sa lumiére sur quelque endroit de votre main, de maniére qu'elle s'y réünisse; vous sentirez une chaleur telle que vous ne la pourrez souffrir que très-peu de tems, couvrez en suite votre miroir avec la même glace qui aura servi pour le Soleil, & recevez de même sur votre main la lumiére du feu réünie; elle vous paroitra presque aussi claire que quand le verre n'y est pas, mais vous ne sentirez aucune chaleur, & quand même vous approcheriez le miroir à un pié de distance du feu, il ne fera aucun effet sensible de chaleur, quoique la lumiére réünie soit alors plus claire que quand le miroir est éloigné de deux ou trois piés du feu, le verre étant ôté.

On voit aussi par expérience qu'un grand feu de charbon, dont la couleur est rouge, donne moins de clarté pour lire, qu'une chandelle allumée, quoiqu'il donne plus de chaleur que trente ou quarante chandelles. De là vient apparemment que la lumiére très-subtile du bois pourri & des vers luisans, peut agir sur les yeux, & qu'elle ne fait aucune chaleur à la main, parce que son action n'est pas assez forte pour ébranler les nerfs du toucher.

SECOND DISCOURS.

DES COULEURS CHANGEANTES QUI PAROISSENT SUR LES SURFACES DES CORPS PAR REFRACTION.

EXPÉRIENCES.

QUand le verre a demeuré plusieurs années dans de la terre humide, il se couvre d'une petite pellicule qui fait voir des couleurs semblables à celles de l'Arc-en-ciel.

Si

Si on tient une plaque de Cuivre aſſez long-tems ſur du feu, il paroît ſur la ſurface ſupérieure une ſemblable variété de couleurs; les petites lames de Talc en font auſſi paroître en quelques endroits quand on les regarde en un certain ſens; la pellicule qui ſe fait au deſſus de l'Eau de Chaux fait voir auſſi des couleurs changeantes.

Il y a des Phyſiciens qui attribuënt ces effets au peu d'épaiſſeur des pellicules, & qui ſoutiennent qu'il ſuffit que l'eau, ou l'air, ou le verre, ſoient très-minces pour y voir des couleurs différentes.

Je demeure bien d'accord que c'eſt une condition preſque néceſſaire que quelques-unes de ces matiéres ſoient peu épaiſſes, parce qu'autrement la lumiére ne les pourroit pénétrer une ſeconde fois, ou bien elle y ſouffriroit pluſieurs refractions contraires qui détruiroient les couleurs: Mais tant minces que les Corps tranſparents puiſſent être, il n'y paroitra point de ces couleurs changeantes, ſi leurs ſurfaces ſont parallelles. Dans les endroits où le Talc ſe peut fendre aiſément en petites lames dont chacune eſt également épaiſſe par tout, on n'y voit point de couleurs; & on en voit dans les endroits où elles ſont inégalement épaiſſes, & où l'on a de la peine à les ſéparer.

Pour m'éclaircir ſur cette difficulté, j'ai fait faire au Sieur *Hubin* Emailleur, des feuilles ou pellicules de verre beaucoup plus minces & déliées qu'aucune feuille de Talc: il les faiſoit en ſoufflant de petites bouteilles de verre fondu, juſques à ce qu'elles ſe rompiſſent, & par ce moyen quelques endroits du verre ſe réduiſoient à une épaiſſeur imperceptible. J'ai regardé pluſieurs fois en tous ſens ces petites lames de verre; mais ni moi, ni aucun de ceux à qui je les ai fait voir, n'y ont pû appercevoir d'autres couleurs que celles que les objets colorez y faiſoient voir par la ſimple reflexion. D'où je conclus, que les couleurs changeantes que l'on voit ſur la Nacre de Perles, ſur le Talc, ſur l'Eau de Chaux, ne procédent pas ſeulement du peu d'épaiſſeur de leurs pellicules, mais de ce que les ſurfaces de ces pellicules ne ſont pas parallelles, ou de ce qu'il y a des parcelles d'Air ou d'autres matiéres liquides mêlées.

Pour m'aſſurer davange de la vérité de cette Hypothèſe, j'ai conſidéré avec grand ſoin les couleurs qui paroiſſent dans les bouteilles qu'on fait avec de l'eau mélée de ſavon; car ces couleurs étant très-vives, & ſe changeant en pluſieurs façons, on en peut tirer des conſéquences pour les autres apparences ſemblables.

On ſait que le ſavon eſt compoſé d'huile & d'une leſſive faite de ces cendres que les *Allemans* appellent Potâches: on en diſſoud un peu dans un peu d'eau, & on ſouffle les bouteilles avec une paille creuſe d'une maniére qui eſt fort connuë. J'en ai obſervé pluſieurs avec beaucoup d'exactitude; je ſoufflois ces bouteilles ſur la liqueur même, contenuë dans une petite taſſe de verre d'environ trois pouces de largeur; elles ſe formoient en demi Sphéres, la concavité du verre leur ſervant de ba-

ſe; je retirois la paille ſans qu'elles ſe rompiſſent, & je les regardois avec une loupe.

Quand l'eau eſt peu chargée de ſavon, il ne paroît au commencement aucunes couleurs dans les bouteilles, parce que la liqueur étant uniformément mélée, les rayons ſe refléchiſſent ſur la ſurface extérieure & ſur l'intérieure, comme ſi elles étoient d'eau pure ou de verre. Mais peu à peu l'Huile & le Sel Alcali du Savon font avec l'eau pluſieurs mélanges & pluſieurs ſéparations différentes; ce qui eſt le plus leger monte au plus haut de la convexité de la bouteille, & c'eſt en cét endroit que les couleurs commencent à paroître; il s'y forme ſouvent pluſieurs anneaux ou Cercles Concentriques, dont chacun a trois ou quatre couleurs différentes, ſemblables à celles qu'on voit dans l'Arc-en-ciel; mais il y a toujours beaucoup plus de verd & de rouge que des autres couleurs. J'attribuë ces rangs de couleurs à une liqueur graſſe & legére, qui s'éléve au haut de la bouteille, & y fait des rides & des plis ſemblables à ceux qu'on voit dans les petites pellicules qui ſe font au haut de quelques liqueurs, lors qu'on les ſouffle contre les bords du vaiſſeau qui les contient: on voit auſſi de ſemblables rides au deſſus de l'eau ſale qui court par les ruës, aux endroits où elle eſt un peu retenuë; & par conſéquent chaque ride de cette liqueur legére qui s'éléve au haut de la bouteille de ſavon, a une figure convexe qui doit rompre la lumiére qui la pénétre, & lui donner des courbures propres à produire des couleurs différentes.

Si on fait ces bouteilles au Soleil, on voit ſe mouvoir en ſerpentant comme de petites Anguilles, pluſieurs parcelles de la liqueur legére, qui font un mélange de couleurs confuſes ſemblables à celles du papier marbré, & enſuite l'on voit les anneaux Concentriques. Si les matiéres qui font les couleurs ſont un peu agitées par le vent, elles ſe pouſſent l'une l'autre, & les anneaux Concentriques ſe confondent; d'où il arrive qu'on voit alors ſucceſſivement du rouge & du verd vers le haut de la bouteille: mais s'il ne fait point de vent, on y voit preſque toujours des anneaux Concentriques; ceux qui ſont les plus proches du centre, ſont les plus étroits, parce que la liqueur legére y eſt plus preſſée.

Quelque peu de tems aprés que la bouteille eſt faite, on voit parmi les belles couleurs pluſieurs petits ronds noirs qui s'aggrandiſſent peu à peu. Ces ronds noirs ſont extrémement tranſparens, & leur noirceur procéde ſeulement de ce que la lumiére ne s'y refléchit que très-foiblement: car quand on fait les bouteilles dans une chambre, on voit paroître l'éclat des fenêtres par reflexion ſur les belles couleurs; mais on ne voit paroître par reflexion ſur ces ronds tranſparens qu'une très-foible lumiére, ce qui fait qu'ils paroiſſent noirs étant comparez à l'éclat qui les environne: Leur grande tranſparence peut proceder de leur peu d'épaiſſeur, & ils refléchiſſent peu de lumiére, ſoit parce que leur matié-

tiére ne lui résiste pas assez, soit parce que ses parties ne sont pas assez serrées, & qu'elles laissent passer presque toute la lumiére par leurs intervalles. Ces ronds noirs, qui sont quelque fois un peu ovales avec de longues queuës, occupent enfin le haut de la bouteille jusques à huit ou dix lignes de largeur, & ils se joignent souvent tous ensemble, de même que de petites goutes d'huile mises sur de l'eau, se joignent pour faire une seule goute.

Lors qu'il se fait quelque petite bouteille fort colorée à côté de la grande, & qu'elle vient à se rompre, ses couleurs montent au haut de la grande; ce qui fait voir évidemment que la matiére de ces couleurs est legére & qu'elle surnage la liqueur aqueuse: La matiére des ronds noirs est la plus legére.

Quand on fait des bouteilles entiéres & qu'elles demeurent attachées à la paille, on est quelque tems sans voir des couleurs par le bas, parce que les matiéres legéres qui font les rides, montent & s'amassent vers le haut des bouteilles; mais quand elles sont prêtes à se rompre, il paroît beaucoup de ronds noirs auprès de la paille parmi les anneaux Concentriques, qui ont alors de très-belles couleurs, d'azur, de jaune, & de rouge de pourpre.

Je faisois quelquefois plusieurs petites demi bouteilles ensemble, qui remplissoient entiérement la tasse où étoit l'eau de savon. Il paroît d'assez belles couleurs dans ces petites bouteilles. Je voyois au haut de quelques-unes, de petits ronds bleus, qui devenoient noirs, puis rouges, & enfin noirs; mais ils étoient alors si grands, qu'ils occupoient toute la reflexion des fenêtres. Lorsque je soufflois doucement contre cette noirceur, une partie se séparoit, & je voyois dans les intervalles, l'éclat des fenêtres, mais cette matiére se rejoignoit aussi-tôt.

Quand j'ouvrois les fenêtres & que je recevois sur ces petites bouteilles la lumiére de quelques nuées fort éclairées, je n'apparcevois aucune reflexion sur les ronds noirs; il n'y avoit que la lumiére du Soleil très-pure qui s'y pût faire voir par reflexion, mais elle y paroissoit comme un très petit point sans aucun éclat, au lieu qu'elle éblouïssoit, quand elle se refléchissoit sur les belles couleurs.

Ces petites bouteilles durent plus long-tems que les autres: bien souvent sur la fin il n'y paroissoit plus de couleurs, & les ronds noirs occupoient toute la reflexion des fenêtres. D'où l'on peut conjecturer, que la matiére qui contribuë le plus à faire les couleurs, deviendroit enfin comme celle qui fait les ronds noirs, si les bouteilles duroient assez long-tems: & parce qu'en soufflant contre cette matiére transparente, j'en détournois une partie, & que dans les intervalles je voyois l'éclat des fenêtres tout blanc par reflexion; il est manifeste qu'il y avoit encore au dessous une liqueur aqueuse.

Pour connoître à peu près les causes de toutes ces apparences; considérez la figure 44e, en laquelle la ligne courbe ponctuée *a i b* représen-

te une partie de la circonférence concave de la bouteille. Les trois demi ronds E, D, C, représentent trois rides de la partie grasse & legére de l'eau de savon, au travers desquelles la lumiére ayant passé, se reflechit sur la surface concave *a i b*, & encore une fois à travers ces rides. *f g*, *h l*, *l m*, sont trois rayons de lumiére rompuë dans la ride C. *n o*, *p q*, *r s*, sont trois autres rayons qui sortent de la ride D. *f g*, *n o*, sont dans les convexitez des courbures des rayons; & *l m*, *r s*, dans les concavitez. Donc, par le 3ᵉ. Principe, les rayons *f g* & *n o* seront rouges, & *l m* & *r s* violets (on suppose que les derniéres refractions ne sont point contraires aux premiéres:) & parce que les rides sont étroites, il y paroitra peu de jaune & de bleu, & par cette raison la plus grande partie de la lumiére du milieu représentée par les rayons *h l*, *p q*, sera verte, comme le milieu de la lumiére qui passe par une petite ouverture dans les prismes de verre, paroît tout verd à une petite distance. On ne voit point ordinairement de violet, parce que le rayon *l m* est arrêté par le haut de la ride D, & le rayon *r s*, par le haut de la ride E. Il peut encore arriver qu'il ne sortira point de rayons violets à cause de la trop grande obliquité de l'incidence, comme il a été expliqué dans la figure 12ᵉ.

Pour mieux entendre comme se font les refractions dans les rides concentriques, & dans les petites parties diversement figurées qui se mettent l'une sur l'autre dans les bouteilles de savon, on pourra faire l'expérience suivante.

Etendez de l'huile sur une pierre plate & polie, & soufflez contre cette huile quand il fait un grand froid; vous y verrez paroître des couleurs. Or, on ne peut douter que les petites vapeurs qui seront alors sur l'huile, ne soient comme celles qui ternissent les miroirs, c'est à dire de petites goutelettes fort convexes, lesquelles la lumiére peut pénétrer aisément, & rencontrant l'huile, elle doit s'y reflechir par la 2ᵉ. Supposition, & par conséquent elle fera paroître des couleurs. Si au lieu de souffler contre l'huile vous la mettez avec la pierre dans de l'eau contenuë en quelque vaisseau un peu large, il s'élévera au dessus de l'eau de petites parcelles de l'huile, lesquelles étant mélées parmi l'eau, & y faisant de petites rides longuettes que vous pourrez aisément remarquer, elles vous feront paroître des couleurs semblables à peu près à celles des bouteilles de savon. De là vous pourrez connoître que les parcelles très-minces d'eau & d'huile, qui prennent toujours des figures convexes étant mélées l'une parmi l'autre dans les bouteilles de savon, doivent causer des refractions propres à produire des couleurs. Il est aisé de juger que les couleurs doivent être plus belles à la fin de la durée des bouteilles de savon qu'au commencement, puisque l'eau s'évaporant plus facilement que ni l'huile ni les sels, il y a plus de savon à proportion dans la bouteille sur la fin qu'au commencement; & l'on voit par expérience, que quand il y a peu de savon dans l'eau, les couleurs ne paroissent

sent pas si tôt que quand l'eau en est fort chargée. On peut croire que les refractions sont alors un peu différentes de celles qui se font dans les prismes & dans les goutes d'eau pure, & que par cette raison la matiére peut recevoir des modifications propres à faire paroître de plus belles couleurs; ce qui est assez vrai-semblable, puisque la partie la plus legére qui fait les ronds noirs, fait faire à la lumiére qui tombe dessus, des reflexions très-différentes de celles qui se font ordinairement sur l'eau, sur les sels, & sur l'huile.

Ces choses étant bien conçuës, il ne sera pas difficile d'expliquer les couleurs changeantes qui paroissent par des refractions sur les surfaces de quelques Corps opaques ou transparens. En voici quelques exemples.

Ayez deux Glaces plates de verre bien fin, l'une de trois ou quatre pouces de largeur, & l'autre un peu plus grande; frotez les avec un linge pour les rendre bien nettes, & après les avoir jointes ensemble, faites les glisser plusieurs fois l'une sur l'autre en les pressant un peu: il paroitra dans peu de tems entre les deux verres des couleurs très-belles & fort semblables à celles des bouteilles de savon; on y voit des anneaux concentriques, où il y a beaucoup de rouge & de verd, & en quelques-uns un peu de jaune & de bleu.

La plupart des Savans croyent que l'air intercepté entre les deux verres produit ces couleurs quand il est réduit à une très-petite épaisseur. Mais, il m'a semblé après en avoir fait plusieurs expériences, qu'il y avoit aussi quelque liqueur mélée: car comme il y a toujours des vapeurs dans l'air, & quelques exhalaisons sulphurées, il s'en engage entre les verres, en les faisant glisser l'un sur l'autre; ce qu'on reconnoît en séparant les verres, quand les couleurs y paroissent, car ils résistent à être séparez comme s'ils étoient collez par quelque liqueur; & si après les avoir séparez vous les essuyez doucement avec du linge, comme pour ôter cette liqueur, & que vous les pressiez ensuite l'un contre l'autre, vous n'y verrez point de couleurs pendant quelque tems, ce qui n'arrive point quand on les léve & qu'on les remet aussi-tôt sans les essuyer, car même sans les presser aucunement ou fort peu, on y voit les mêmes couleurs. Ce sont donc les vapeurs de l'air, & quelques vapeurs salines qui sortent des verres en les frotant, qui font les rides, ou qui remplissent avec quelque mélange d'air, celles qui peuvent être dans les surfaces des verres: Et on en pourra être persuadé si on met un peu d'eau entre les deux verres: car, après les avoir frottez l'un contre l'autre en les pressant, jusques à ce qu'il y paroisse des couleurs, si on fait entiérement glisser celui du dessus, il restera des rides d'eau fort visibles sur celui du dessous, dans lesquelles il paroitra des couleurs; mais ces rides se séchant les couleurs disparoitront. Vous verrez le même effet avec plus de facilité, si vous étendez un peu d'eau sur l'un des verres, & que vous fassiez couler du lin-

 ge

ge deſſus, une ſeule fois, comme pour l'eſſuyer à demi; car il y demeurera de petites rides d'eau, où il paroitra des couleurs.

Il y a une apparence aſſez ſurprenante dans les couleurs qui paroiſſent entre ces verres, laquelle on ne peut bien remarquer dans les bouteilles de ſavon; on en fait l'obſervation en cette maniére.

Après avoir frotté les deux verres aſſez long-tems contre du linge, & les avoir fait gliſſer l'un ſur l'autre ſans les preſſer, juſques à ce qu'il y paroiſſe des anneaux concentriques; remarquez vers le centre de ces anneaux la couleur qui y paroitra en la regardant le plus directement que vous pourrez; hauſſez un peu les verres, ou vous baiſſez pour regarder le même endroit plus obliquement, il paroitra verd, s'il vous a paru rouge; & ſi vous continuez à hauſſer les verres peu à peu pour les regarder plus obliquement, vous verrez encore pluſieurs fois ce même endroit alternativement rouge & verd. Voici comme j'explique cette apparence.

Les deux petits demi cercles *e a* K & *i b n* dans la figure 45^{e}. repréſentent les courbures de deux petites rides contiguës entre les deux verres; Je conſidére ces demi cercles comme des verres taillez à facettes, ſemblables à celui de la figure 31^{e}. Or, ſi ce verre de la figure 31^{e}. avoit les trois ſurfaces A*r*, *rſ*, *ſc*, au lieu des deux A*b*, *bc*; on verroit outre les deux apparences de l'objet *a f*, en *g h* & *a f*, une autre apparence comme en T, entre *a f* & *g h*: & ſi le point *x* étoit un point lumineux, l'œil étant ſucceſſivement en *g h* & en T, il verroit ce point comme une lumiére colorée, ainſi qu'il a été prouvé en la premiére Partie dans l'Explication de la 3^{e}. Apparence; & quand même les facettes ſeroient un peu convexes, elles ne laiſſeroient pas de faire à peu près les mêmes effets, puiſqu'une même goute d'eau A B C dans la figure 36^{e}. peut faire voir une lumiére rouge, venant d'un même point du Soleil, à un œil ſitué en divers lieux, comme en *δ*, ou en 2, ou en *d*.

Cela étant, ſoit ſuppoſé qu'il y ait trois facettes différentes, *e*, *a*, K, dans le demi cercle *e a* K, deſquelles ſortent par refraction les rayons, *e* C verd, *e d* rouge, *a o* verd, *a f* rouge, K V verd, K *r* rouge; Concevez auſſi qu'il y a trois facettes diſpoſées de même dans le demi cercle *i b n*, deſquelles ſortent par refraction les rayons, *i c* verd, *i* D rouge, *b ſ* verd, *b* F rouge, *n u* verd, *n* R rouge: il eſt manifeſte, que l'œil étant en R *r*, il verra du rouge, & en ſe baiſſant en *u* V, il verra du verd; qu'étant en F *f* il verra du rouge, & en *ſ o* du verd, & qu'en continuant de ſe baiſſer, il verra du rouge étant en D *d*, & du verd étant en *c* C; & parce que ces rides ſont petites, les couleurs qu'il verra alternativement, lui paroitront en un même endroit; il ne verra preſque point d'autres couleurs que du rouge & du verd, par ce qui a été dit en la figure 44^{e}. J'ai obſervé ſouvent, que quand le rayon viſuel raſe à peu près la ſurface du verre ſupérieur, on ne voit que du jaune

vers

vers le centre des anneaux concentriques, après qu'on a vû du rouge, l'œil étant un peu plus haut ; ce qui procéde de ce que le bleu & le violet ne peuvent sortir en cét endroit à cause de la trop grande obliquité.

On pourra expliquer de même les anneaux colorez qui paroissent quand on commence à séparer un verre convexe du mastic où il avoit été collé pour le travailler : car, soit qu'il n'y ait alors que de l'air très-rarefié & très-mince, & d'inégales épaisseurs entre le mastic & le verre, soit qu'il y ait aussi quelque liqueur sortie du verre & du mastic ; il est nécessaire qu'il s'y fasse des refractions, comme il s'en fait entre les deux verres plats posez l'un sur l'autre.

Celles qui paroissent dans la glace, lorsqu'on y fait des fêlures par quelque coup, viennent à peu près de semblables causes, puisqu'il y doit avoir de l'air très-rarefié & très-mince entre plusieurs surfaces de la glace séparées par le coup : On peut croire aussi qu'il se fait dans la glace brisée de petits prismes irréguliers, propres à faire paroître des couleurs.

Les couleurs changeantes de la Nacre de Perles procédent des petites ondes ou rides de leurs lames qui sont couchées irréguliérement les unes sur les autres : On voit distinctement ces rides par le moyen des microscopes.

Les couleurs du Talc ont du raport à celles de la glace brisée, & l'on voit avec le microscope paroître des couleurs dans les endroits où il y a de petites lames diversement inclinées & séparées les unes des autres, comme par des fêlures ; ce qu'on discerne aisément par les reflexions, en tournant un peu le microscope pour recevoir la lumiére en différentes façons.

Quand on fait des raiës avec un couteau sur de l'argent ou sur de l'étain, on y voit des couleurs changeantes : Elles procédent de plusieurs petites rides que le couteau fait, lesquelles on voit assez distinctement par le moyen d'un microscope. On voit aussi sur les bords coupez, des parties anguleuses, lesquelles, de même que les rides, sont transparentes à cause de leur peu d'épaisseur, & ainsi elles peuvent faire des refractions comme les prismes de verre, ou comme les petites rides d'eau.

Si l'on râtisse avec un couteau du plomb ou du fer pour les rendre luisants, & qu'on y fasse reflêchir la lumiére du Soleil ; cette lumiére reflêchie étant reçûë sur du papier mis en un lieu obscur, y fera paroître plusieurs couleurs à cause de plusieurs petites rides comme des sillons que le couteau y fait : on distingue ces rides avec le microscope, & elles sont renduës transparentes, parce que la crasse & les autres saletez en sont ôtées, & qu'elles sont très-minces.

Je ne parle point ici des couleurs changeantes qu'on voit dans de l'eau où l'on a fait tremper du bois Néphrétique, ni de celles qu'on voit

dans

dans les plumes du col d'un Pigeon, parce qu'elles ne se font pas selon les régles des refractions.

TROISIÉME DISCOURS.

DES COULEURS FIXES ET PERMANENTES.

CEs couleurs ne se font point par des refractions comme les couleurs changeantes, mais par le passage direct de la lumiére à travers de certains corps, soit en les traversant entiérement, soit en se refléchissant sur quelques-unes de leurs parties internes après avoir un peu pénétré les superficielles: On peut le prouver par plusieurs expériences.

Quand un rayon solide du Soleil passe à travers un verre plat, coloré de rouge ou de bleu, il continuë à s'étendre en lignes droites, comme si le verre étoit sans couleur; car, si on le reçoit sur du papier blanc, il fera sa projection de même figure & grandeur que si le verre étoit ôté. Or, si les parties qui font les couleurs étoient comme de petits prismes ou de petits cylindres, ils écarteroient les diverses parties de la lumiére qui auroit passé à travers; ce qui est contre l'expérience.

Si on expose au Soleil un verre convexe coloré, il réünira ses rayons dans son foyer de même que s'il étoit sans couleur : ajoutez à cela que le bleu ne peut sortir par refraction, que le jaune & le rouge ne sortent aussi, puisque leurs refractions sont moins grandes que celles qui font le bleu; d'où il arriveroit que l'œil changeant un peu de situation, verroit du jaune & du rouge après avoir vû du bleu, ce qu'on ne remarque point, puisqu'on peut se mettre en plusieurs lieux différents, sans qu'un verre bleu ou une étoffe teinte en bleu, fasse paroître d'autres couleurs que du bleu. Que si l'on veut soutenir qu'il s'y fait des refractions, il faut croire qu'elles se redressent l'une l'autre, & que toutes ensembles font le même effet sensiblement, que si la lumiére passoit selon des lignes droites. A l'égard des verres colorez ou de l'eau colorée, on demeure d'accord qu'il s'y fait des refractions comme dans l'eau pure ou dans les verres sans couleur; mais ces refractions sont indépendantes des couleurs réelles : Et si on faisoit un prisme d'un verre rouge ou bleu, il ne laisseroit pas de faire des couleurs d'iris; mais elles seroient mélées de la couleur du verre.

La blancheur est la plus vive de toutes les couleurs, parce qu'elle se fait par une forte reflexion de la lumiére sur les surfaces de certains corps; ce qui se prouve par plusieurs raisons & expériences. La lumiére du Soleil se refléchissant sur la surface convexe d'une goute d'eau, s'écarte beaucoup plus que quand elle se refléchit sur une surface platte polie, & l'œil étant placé successivement en plusieurs lieux, verra successivement en plusieurs endroits de cette surface l'image du Soleil comme un petit rond tout blanc; cela est facile à démontrer par les régles de

de l'Optique : la même chose arrivera dans un petit miroir convexe. Or, s'il y a plusieurs petits miroirs convexes qui se touchent, on verra en chacun un petit éclat de blancheur ; & s'ils sont petits comme des grains de sable, on ne pourra distinguer les petits intervalles obscurs qui seront entre les points blancs, parce que les fibres de la Choroïde qui reçoivent ces petits intervalles, sont agitées & ébranlées par celles où tombent les rayons refléchis qui font paroître les petits ronds de lumiére ; & par cette raison, ces petits ronds paroissent plus grands qu'ils ne sont, & donnent tous ensemble l'apparence d'une surface blanche continuë, si on en est médiocrement éloigné.

On n'y voit point de couleurs, parce que la reflexion sur une surface polie convexe ou concave, ne donne point d'autres modifications à la lumiére que de l'écarter ou de la condenser ; ce qui est aisé à observer dans la lumiére refléchie par des miroirs Sphériques, Convexes, ou Concaves.

De là il s'ensuit que les vapeurs ou petites parcelles d'eau qui composent les nuées, les petites parcelles de la neige, la poussiére de verre & la glace brisée en petites parcelles, doivent faire paroître de loin une blancheur continuë. Ceux qui sont sur de hautes montagnes quand le Soleil luit, voyent les nuées qui sont au dessous d'eux entre deux valons, aussi blanches que de la neige.

On peut encore juger que le papier & le linge ont une infinité de petites éminences convexes, & que chacune de ces éminences doit faire paroître un petit éclat de blancheur, & toutes ensemble une blancheur continuë.

On tirera les mêmes conséquences pour tous les corps qui paroissent blancs.

Le noir est plus opposé à la blancheur que les autres couleurs.

Les corps paroissent noirs quand leurs surfaces ne refléchissent point de lumiére, ou qu'ils en refléchissent très peu.

Coupez quelques-unes des lettres majuscules d'une feuille imprimée, en sorte qu'il y ait des ouvertures vuides au lieu des lettres ; elles vous paroitront plus noires que les autres lettres, pourvû qu'il n'y ait rien de blanc qu'on puisse voir à travers ces ouvertures.

Si l'on frotte avec de l'huile une partie des quarrez de papier d'un Chassis, ceux qui seront frottez paroitront à ceux qui seront dans la chambre, beaucoup plus blancs que les autres, à cause qu'il y entre beaucoup plus de lumiére ; mais ils paroitront comme noirs à ceux qui seront dehors, parce qu'il se refléchira beaucoup moins de lumiére sur l'huile que sur les petites éminences du papier, qui font la blancheur. C'est par la même raison que les cuirs blancs étant frottez d'huile ou de graisse, deviennent noirs.

De là il s'ensuit que les corps noirs doivent s'échauffer davantage au Soleil que les corps blancs, puis qu'il doit entrer plus de chaleur dans

les corps où il entre plus de lumiére.

Les fumées terrestres & grossiéres qui sortent des corps qui brûlent ou qui sont fort échauffez, sont noires, & noircissent les corps où elles s'attachent.

Pour expliquer cét effet, on peut prendre pour Hypothèse, que les atomes ou petites parcelles des fumées sont comme de petites pyramides longuettes & fort pointuës, ce qu'on peut conjecturer par la douleur que les yeux en souffrent; & par conséquent, un amas de ces petites parcelles doit paroître très-noir, à cause qu'il ne peut renvoyer au dehors par reflexion que très-peu de lumiére, ce qui se prouve ainsi.

A B C dans la figure 46e. représente une des parcelles qui composent le noir de fumée. D E est un rayon tombant sur la surface représentée par la ligne A B; il se rompra comme en E F, & parce que son incidence sur A C sera trop oblique, il se refléchira entiérement en G; l'incidence du rayon F G sur A B sera encore trop oblique, & il s'y refléchira entiérement; & passant enfin au travers de B C, en H I, il rencontrera d'autres parcelles semblables, où il s'embarassera de même. Il arrivera la même chose aux autres rayons qui tomberont sur les autres parcelles, & ainsi il ne passera point de lumiére visible au delà de cette matiére, ce qui la rendra très-opâque. Sa premiére reflexion sera très-foible, parce qu'elle ne rencontrera que des pointes & non des surfaces convexes comme celles qui font la blancheur; le reste passera dans les intervalles & ne reviendra point aux yeux. La matiére des ronds noirs qui paroissent dans les bouteilles de savon, peut avoir quelque raport à celle du noir de fumée, soit que celle des ronds noirs ait aussi des pointes, ou que l'une & l'autre ayent une mollesse qui l'empêche de repousser fortement la lumiére. Mais, quelles que soient les véritables causes de la noirceur dans ces deux matiéres, il est très-certain que les fumées grossiéres & terrestres, comme celles qui viennent de la flamme du bois ou des graisses allumées, sont noires & noircissent.

De là il s'ensuit que le charbon doit être noir, parce que la fumée du bois s'y attache. Ce n'est pas à cause de ses pores qu'il est noir, quoiqu'ils contribuent à la noirceur; puisque la cendre blanche qui reste dessus, quand il est presque tout brûlé, est beaucoup plus poreuse: & par conséquent les pores ne sont pas la seule cause de la noirceur.

Quand on fait brûler des os fort blancs, la fumée qui en sort & qui s'y attache en partie, les rend noirs; mais si on les tient dans le feu jusques à ce que toute la graisse soit évaporée, ils demeureront blancs après qu'ils seront éteints.

On pourra expliquer de même la noirceur qui paroît dans les autres corps.

Si on suppose que la couleur est une lumiére modifiée, on ne doit mettre ni le blanc ni le noir au rang des couleurs; puisque le noir est un

un deffaut ou une foibleſſe de lumiére, & le blanc, une lumiére refléchie ſans modification. Les Teinturiers ne mettent pas le blanc entre les couleurs; d'où vient qu'ils diſent teindre les laines & les mettre en couleur.

Le rouge, le jaune, le bleu, & les autres couleurs qui procédent de la lumiére diverſement modifiée, paroiſſent dans les corps dont les ſurfaces refléchiſſent moins de lumiére que celles qui font la blancheur, & en refléchiſſent plus que celles qui font la noirceur.

Il y a deux ordres différens dans les couleurs pour paſſer du blanc au noir. L'un de ces ordres eſt, le blanc, le jaune, le rouge, le noir; & l'autre, le blanc, le bleu, le violet, & le noir. Les priſmes de verre font paroître ces deux ordres dans les refractions; car lorſqu'il y a du blanc au milieu de la lumiére rompuë, on voit du côté de ſa convexité, du jaune & du rouge, & du côté de la concavité, du bleu & du violet, comme il a été expliqué dans la premiére Partie de ce Traité.

Le plus & le moins d'une liqueur colorée fait de ſemblables changemens. Le tourneſol diſſous dans un peu d'eau paroît noir dans une épaiſſeur de trois ou quatre lignes, étant mis ſur du papier blanc; il paroît violet dans une épaiſſeur d'une ligne; il paroît bleu dans une épaiſſeur d'une demi ligne, & ſans couleur dans une très petite épaiſſeur. Il y a auſſi des liqueurs qui paroiſſent noires dans une grande épaiſſeur, rouges dans une médiocre, jaunes dans une de trois ou de quatre lignes, & ſans couleur dans une très-petite.

Les deux principes différens que les Chymiſtes appellent l'Acide & l'Alcali, dont il a été parlé dans le premier Eſſai, font voir auſſi ces deux ordres. L'Acide fait devenir rouges, le noir, le bleu, & le violet; il change le rouge en jaune, & le jaune en jaune très-pâle: Au contraire, l'Alcali change ordinairement le rouge en violet ou en rouge de pourpre, & le jaune en feuille morte. On en donnera pluſieurs exemples dans la ſuite.

Les Chymiſtes croyent que le Souphre eſt le ſeul principe des couleurs. Mais il eſt évident que celles de l'Arc-en-ciel & celles que les Priſmes de verre font paroître, ne ſont produites par aucun ſouphre; & à l'égard des couleurs fixes, il eſt très vrai-ſemblable qu'elles viennent des mélanges différens des différens principes des mixtes, & non du ſouphre ſeul, puiſque que la lumiére peut auſſi bien ſe modifier en paſſant par les ſels & par les terres, qu'en paſſant par le ſouphre.

On peut croire qu'il y a des couleurs primitives dans quelques corps ſimples, comme du bleu dans l'air; du jaune ou du rouge dans quelques terres, comme l'ochre, les bols, & l'argille: Le ſable & les cendres, qui ſont des matiéres fort terreſtres, étant fondus enſemble prennent une couleur qui tire ſur le verd: Il ſemble qu'il y ait du verd dans l'eau, & on peut le remarquer quand elle a beaucoup de profondeur, particuliérement ſous un Pont ou ſous quelque grand Bateau, où l'on ne

 voit

voit point par reflexion le bleu de l'air. On voit auſſi du verd dans l'eau de la Mer.

Je compare ce qui fait les couleurs fixes dans les mixtes, à cette matiére délicate & impalpable qui paroît ſur les raiſins, ſur les prunes, & ſur quelques autres fruits quand ils ſont meurs; & qu'on ne voit plus quand on a paſſé la main par deſſus. Cette matiére peut être mélée parmi les parties ſolides des corps, ſans changer ou altérer leurs configurations, & on peut auſſi l'en tirer ſans changer le tiſſu de leurs parties ſolides.

Les Chymiſtes en font voir pluſieurs expériences; & c'eſt une de leurs plus belles opérations de tirer la teinture des mixtes par le moyen de certaines liqueurs qu'ils appellent des diſſolvants ou des menſtruës, comme l'eau commune, l'eſprit de vin, les eaux fortes, &c.

Il y a des couleurs ou teintures qui ſont très-fixes, comme la teinture jaune de l'or, la teinture bleuë du lapis laſuli; car quoiqu'on mette l'or en fuſion, & qu'on faſſe rougir le lapis laſuli dans un très-grand feu, la beauté de leurs couleurs ne diminuë point, & il eſt impoſſible ou très-difficile de les tirer par les diſſolvans ordinaires. Mais la plupart des autres couleurs ſe tirent & s'évaporent aſſez facilement.

Le corail rouge étant mis auprès d'un feu médiocre, laiſſe évaporer toute ſa teinture rouge en peu de tems; & étant mis en poudre dans du jus de citron, il devient dans un jour ou deux, blanc comme de la neige. J'ai vû des pierres aſſez groſſes, de la couleur des Amethyſtes, leſquelles étant miſes dans le feu, perdoient leur couleur en moins d'une heure.

Faites bouillir du bois de Breſil dans pluſieurs eaux, la plupart de ſa teinture rouge y paſſera ſans que ſes fibres ni la fermeté de ſes parties en reçoivent aucun changement ſenſible; & les eaux qui en ſeront teintes, étant expoſées quelque tems à l'air ſe jauniront & perdront la vivacité de leur couleur rouge, par l'évaporation de leurs parties les plus ſubtiles.

Je conçois donc que la matiére qui fait les couleurs en chaque corps, eſt mélée parmi ſes parties fermes & ſolides; qu'elle eſt tranſparente; & que la lumiére l'ayant un peu pénétrée, rencontre les parties ſolides où elle ſe refléchit, & paſſant une ſeconde fois à travers cette matiére, elle porte aux yeux une couleur ſelon les modifications qu'elle a reçuës par ce double paſſage.

Si le corps coloré eſt tranſparent, la lumiére qui le traverſe s'y modifie de même, & porte au delà, l'apparence de la couleur.

On peut faire paſſer cette matiére dans pluſieurs corps de ſuite. Les plumaſſiers tirent la couleur des laines teintes en écarlate, & la font paſſer dans leurs plumes ſans qu'elle ſouffre aucun déchet ſenſible de beauté.

Les couleurs qu'on tire facilement & qui s'évaporent facilement, reçoi-

çoivent plusieurs changemens, à cause que quelques-uns des principes qui composent leur matiére se dissipent ou qu'ils se desunissent un peu les uns des autres; car il faut très-peu de différence dans l'union ou dans la séparation des principes, pour faire une grande diversité dans les couleurs.

Il y a beaucoup de fleurs qui dans une seule feuille ont des couleurs très-différentes qui se touchent immédiament, quoique chaque feuille soit nourrie d'une même séve.

Il est vrai-semblable que cette différence procéde de ce que quelques-unes de leurs fibres ont des pores plus petits que ceux des autres fibres, & qu'ils ne laissent point passer quelques-uns des principes les plus grossiers de la matiére des couleurs; ou bien qu'étant diversement figurez, ils leur donnent de nouvelles configurations.

Lors qu'on filtre du vin fort rouge, il perd presque toute sa couleur: d'où il s'ensuit, qu'il y a plusieurs parcelles qui font sa rougeur, dont les plus grossiéres ne peuvent passer par les pores du papier gris ou des autres corps qui peuvent servir à filtrer les liqueurs.

Quand on regarde du sang à travers les microscopes qui grossissent beaucoup, on y remarque de petites boulettes rouges qui nagent dans une liqueur aqueuse: or, si en filtrant le sang ces boulettes ne passent point, il n'y demeurera point de couleur.

La diversité des couleurs qu'on voit dans les poils des Animaux à quatre piés, & dans les plumes des Oiseaux, peut proceder de semblables causes.

Le Porc-Epy a chacun de ses aiguillons distinguez alternativement de blanc & de noir par le dehors; car le dedans est tout blanc. Il est donc nécessaire que le même suc qui dans un endroit de l'aiguillon fait du blanc, y soit disposé d'une autre sorte que dans l'endroit où il fait du noir, par la différence des pores des fibres où ce suc se filtre.

La Beccasse de l'*Amérique* a toutes les plumes de ses aîles d'un rouge très-vif, à la reserve des trois premiéres, qui ont leurs extrémitez très-noires de la longueur d'environ un pouce; le noir joint immédiatement le rouge, & cependant c'est la même liqueur qui passe par les tuyaux de ces plumes pour les nourrir, & elle ne peut pas recevoir un changement considérable dans un espace imperceptible: il reste donc qu'il se fasse quelque filtration différente dans l'endroit où commence le noir, par des pores différens qui s'y rencontrent.

A l'égard des changemens de couleurs qui se font par les Acides & par les Alcali, voici quelques expériences que j'en ai faites.

Si l'on verse dans la solution bleuë du Tournesol, un peu d'esprit de sel ou de quelque autre esprit acide ou même du jus de Citron, elle deviendra d'un beau rouge; & si on y verse ensuite du Sel Lixiviel des plantes brûlées, ou de l'huile de Tartre, ou de l'esprit de Sel Armoniac, qui sont des Alcali, elle reprendra une couleur bleuë ou violette.

Il faut ici remarquer que les rouges que font les différens acides dans la ſolution du tourneſol, ſont plus ou moins éloignés du bleu : car quand l'acide eſt foible, le rouge qu'il fait étant affoibli par beaucoup d'eau, reprend une couleur bleuë ; mais ſi l'acide eſt fort comme celui de l'eſprit de Sel, le rouge qu'il fait tire ſur l'Orangé ou ſur la couleur de feu, & étant affoibli par beaucoup d'eau, il devient jaune & ne retourne plus au bleu, ſi on n'y remet des alcali. Si on mêle quelque alcali avec le ſuc bleu des violettes, il deviendra verd, & ſi on y met enſuite quelque acide, il deviendra rouge. Si l'on verſe quelque acide dans la décoction de bois de Breſil, laquelle eſt fort rouge, elle deviendra jaune ; & ſi au lieu d'acide on y met de l'huile de Tartre ou un autre alcali, elle deviendra de couleur de pourpre. Si l'on mêle dans la décoction de gaude qui eſt jaune, de l'eſprit de Vitriol, ou de l'eſprit de Sel ou du jus de Citron, elle perdra preſque toute ſa couleur ; mais ſi au lieu d'un acide on y met de l'eſprit d'urine ou de Sel Armoniac, elle prendra une couleur obſcure comme de feuille morte.

J'attribuë les effets des acides à la ténuité de leurs parties, qui ont la vertu de diſſoudre les corps ; & les effets des alcali à leur vertu de précipiter ce qui eſt diſſous, en ſe joignant aux acides. Ces principes différens peuvent faire pour les couleurs des effets ſemblables & proportionnez à ceux qu'ils font ſur les Métaux. On ſait que les eſprits de Salpêtre & de Vitriol diſſolvent l'Argent en ſorte qu'il devient inviſible, & que ſi on y mêle enſuite de l'hüile de Tartre, elle ſe joint à ces eſprits, & leur fait quitter l'argent qu'ils tenoient diſſous, & par ce moyen ſes parcelles imperceptibles ſe raſſemblent, & ſe joignant pluſieurs enſemble, elles deviennent peſantes & tombent au fond du vaiſſeau. Il n'eſt donc pas difficile de croire qu'un peu d'eſprit de Vitriol ou de Salpêtre puiſſe diſſoudre la matiére des couleurs en des parcelles ſi petites qu'elles deviennent inviſibles, & qu'en y mêlant enſuite des alcali, qui ſe joignent incontinent aux acides, les parcelles ſe raſſemblent & faſſent paroître leur couleur. Les Chymiſtes appellent cette action des alcali, précipitation, ſoit que les matiéres aillent promptement au fond de la liqueur, ſoit qu'elles ſe raſſemblent ſeulement en ceſſant d'être diſſoutes, comme font beaucoup de matiéres, du moins leurs parties les plus legéres. Vous pourrez faire les expériences ſuivantes pour vous aſſurer de la diſſolution des couleurs par les acides, & de leur précipitation par les alcali.

Mettez un morceau de bois d'Inde ou de Breſil dans du jus de Citron, & le retirez après l'y avoir laiſſé trois ou quatre heures, le jus de Citron demeurera auſſi clair qu'auparavant ; verſez y trois ou quatre goutes d'huile de Tartre, vous verrez auſſi-tôt une belle couleur rouge. L'eſprit de Vin & l'Urine récente font de ſemblables diſſolutions en tirant la teinture de ces Bois par quelque acide ſubtil qu'ils ont, & ils la laiſſent auſſi précipiter & paroître dès qu'on y a mêlé de l'huile de Tar-

Tartre : mais si l'Urine a été gardée deux ou trois jours, ses esprits acides se dissipent, & elle fait le même effet que l'eau commune, en tirant seulement la teinture sans la dissoudre.

Mêlez de l'esprit d'Alun dans l'encre faite avec du vitriol & de la décoction de noix de Galle, elle deviendra sans couleur comme de l'eau pure ; versez y ensuite de la soude ou un autre alcali, elle reprendra sa noirceur. Pour connoître les causes de ces effets, mettez de la limaille de fer dans du vinaigre, jusques à ce qu'il y paroisse de la rouille, mêlez y de la poudre de noix de Galle, il se fera du noir. Or, si l'on suppose que le vitriol dont on se sert pour faire de l'encre, contient quelque matiére ferrugineuse qu'il tient dissoute par son esprit acide, & qu'elle puisse se précipiter par la noix de Galle, il se fera du noir par leur mélange.

Il doit donc arriver que l'esprit d'Alun ou quelque autre acide versé sur ce noir, dissoudra de nouveau la matiére ferrugineuse & la fera disparoître, & que la Soude ou la Chaux ou quelque autre Alcali la fera précipiter une seconde fois & fera paroître sa noirceur.

De là on voit la raison pourquoi le jus de Citron ôte les taches d'encre du linge.

Il y des teintures qui se dissipent & s'évaporent entiérement en même tems qu'elles sont tirées par les acides.

Le jus de Citron tire la teinture du corail & le fait devenir blanc, mais il la fait évaporer en même tems, en sorte que si vous y mettez de l'huile de Tartre, elle ne fera paroître aucune couleur.

Il faut remarquer qu'il y a de certaines matiéres colorées sur lesquelles les acides différens n'agissent pas de même. L'esprit de Vitriol & le jus de Citron font perdre la couleur jaune à la décoction de la Gaude ; mais l'esprit de Salpêtre y fait un effet à peu près semblable à celui qu'y fait l'esprit d'Urine, qui est de la rendre de couleur de feuille morte : & au contraire, l'esprit de Vitriol ne fait point perdre la couleur jaune au Saffran dissous dans l'eau commune, & l'esprit de Salpêtre la lui ôte. L'esprit de Vitriol ne change pas le bleu de l'Inde ; mais l'esprit de Salpêtre le lui ôte presque entiérement.

Les Alcali ne font pas aussi toujours de semblables changemens sur des couleurs semblables. La teinture bleuë de l'Iris & des Violettes devient verte par les Alcali, & le bleu du Tournesol demeure bleu ; l'esprit d'Alun rougit le Tournesol, & ne rougit point le bleu de l'Inde. Et ainsi la régle des Acides & des Alcali souffre quelques exceptions par des causes inconnuës qui sont dans les corps, lesquelles empêchent leurs effets ordinaires.

On peut expliquer le changement de la teinture bleuë des Violettes & de l'Iris en verd par les Alcali, en faisant remarquer que la couleur de ces fleurs passe immédiatement du verd de la plante au violet, par quelques filtrations qui changent fort peu la disposition de la séve : d'où

d'où vient que si on mêle de l'eau dans ces sucs, elle paroît bleuë au commencement; mais cinq ou six heures après, ce bleu se change de lui-même en verd.

On sait aussi que l'huile de Tartre a la vertu de jaunir : car si on en mêle dans du Sublimé dissous en eau commune, elle le précipite en jaune rougeâtre; & les sels lixiviels des plantes brûlées donnent une couleur jaune à l'Eau, aussi bien qu'au Sublimé. Il est donc aisé de juger, que le jaune des sels lixiviels, qui sont apparemment un mélange de sel & de terre, mêlé avec le bleu de ces fleurs, lequel a déja une disposition à reprendre la couleur verte, le fait devenir verd en un instant; ce qui n'arrive pas au bleu du Tournesol, parce qu'il ne provient pas du suc d'une fleur, mais de la graine d'une plante.

L'Alun ne change pas beaucoup les couleurs, il les éclaircit seulement par son acide; mais il a une propriété merveilleuse pour les conserver, & en empêcher l'évaporation. Si vous mêlez un peu d'Alun pulverisé dans de l'eau mêlée avec du suc de Violettes, elle demeurera bleuë & ne se changera point en verd, & même, si elle étoit déja verte, elle reprendra sa couleur bleuë.

Mettez de la décoction de bois d'Inde qui est fort rouge, dans deux petites bouteilles, & mêlez dans l'une un peu de poudre d'alun; celle-ci deviendra d'un très-beau rouge clair qu'elle conservera, & l'autre deviendra jaunâtre dans moins d'un jour, quoique les deux bouteilles soient fermées de même; & si vous laissez à l'air une partie de cette décoction, elle deviendra noire comme de l'encre, dans le même espace de tems.

J'ai fait les mêmes expériences dans des décoctions jaunes, comme celles de la Gaude, du bois appellé Fustel, & de la racine appellée Terra merita; & j'ai trouvé qu'un peu d'Alun éclaircissoit leur jaune & en conservoit la beauté, & que si on n'y mêloit rien, elles devenoient blancheâtres dans deux ou trois jours.

Il est vrai-semblable que l'Alun fait ces effets par sa stipticité ou vertu astringente, & qu'il lie la matiére délicate des couleurs & l'empêche de s'évaporer; ce qu'on peut croire aisément, puisque la Colle fait un semblable effet par sa viscosité.

Faites bouillir du bois de Bresil avec de la Colle de peaux, le rouge en sera très-beau, & se conservera plusieurs années sans aucun changement; au lieu qu'étant bouilli avec de l'eau seule, il devient jaunâtre & sans couleur dans un jour ou deux, étant exposé à l'air.

Par la même raison les fleurs conservent long-tems leurs couleurs, si on empêche l'évaporation de leurs parties subtiles.

Tenez les feuilles d'une Tulippe variée dans un livre fermé, elles conserveront fort long-tems leurs belles couleurs.

De toutes les expériences que j'ai rapportées dans ce troisiéme Discours, & de plusieurs autres que j'ai faites avec beaucoup d'exactitude,

j'ai tiré quelques Régles générales, dont on pourra se servir pour expliquer assez bien les couleurs fixes.

Mais parce qu'il y a quelquefois des Régles générales ou loix de la nature qui empêchent les effets les unes des autres ; lors qu'on trouvera quelque effet différent des effets ordinaires, il faudra chercher quelques autres Régles qu'on puisse appliquer à cet effet, car alors il dépendra de deux ou trois causes, & on tâchera de l'expliquer par deux ou trois Régles.

RÉGLES GÉNERALES POUR LES COULEURS FIXES.

PREMIÉRE RÉGLE.

LEs Couleurs fixes nous paroissent, lorsque la lumiére ayant passé par la matiére qui fait ces couleurs, vient ensuite à nos yeux avec assez de force.

APPLICATION.

LEs couleurs des Vitres des Eglises paroissent très-belles & très-vives à ceux qui les regardent du dedans au dehors ; mais elles paroissent très-foibles à ceux qui les regardent par le dehors.

Ces effets procédent de ce qu'il passe beaucoup de la lumiére forte qui vient du dehors, au travers des Vitres où elle se colore, & qu'il en passe très-peu du dedans au dehors. La reflexion qui se fait de la lumiére du dehors, qui a passé jusques à la seconde surface du verre coloré, est aussi très-foible, & elle s'affoiblit encore en repassant par l'épaisseur du verre & par la rencontre de l'autre surface ; & ainsi les couleurs paroissent très-peu en ce sens, & on a même de la peine à les bien distinguer les unes des autres.

Les Rubis, les Emeraudes, & les autres pierres précieuses qui ont de la couleur, la font paroître bien plus fortement par reflexion, que les Verres de même couleur, parce que la proportion de la refraction est plus grande dans les pierres précieuses, que dans le Verre. Or, si on suppose que cette proportion soit comme de 5 à 3 dans le Rubis, on trouvera par le calcul, que le rayon le plus oblique qui pourra passer du dedans d'un Rubis dans l'air, fera un angle d'incidence de $36^d. 53'$; & que si cet angle est de $36^d. 54'$, le rayon se refléchira entiérement comme il le fait dans le verre, quand cet angle est de $41^d. 49'$, selon la 3ᵉ. Supposition de la 1ᵉ. Partie.

 On

On peut donc tailler un Rubis d'une maniére que la plupart des rayons qui y entreront, se refléchiront entiérement sur les secondes surfaces, & prendront une vivacité de couleurs par le double passage qu'ils feront à travers la matiére colorée ; ce qui n'arrivera pas à un Verre coloré taillé de même, parce que sa refraction étant moins forte, il laissera passer beaucoup plus de rayons.

C'est par cette raison qu'on met des feuilles d'argent bruni, teintes d'un beau rouge, au dessous des Rubis, afin de faire repasser vers les yeux le reste de la lumiére qui les a traversez.

On fera un effet tout contraire, si on fait toucher les secondes surfaces d'un Rubis à de l'eau mise dans un sceau ou dans un vaisseau dont le fond n'ait point d'éclat ; car alors la vivacité de la couleur s'effacera presque entiérement.

La cause de cet effet est que la proportion de la refraction du Rubis à l'eau est fort petite, & est comme de 5 à 4 ; ce qui fait que la plupart de la lumiére passe de la pierre dans l'eau & ne revient point aux yeux.

On verra de semblables effets dans les Emeraudes & dans les Saphirs, & ils seront encore plus sensibles dans les Verres colorez, parce que la proportion de la refraction du Verre à l'eau n'est que de 9 à 8.

Que si on met des feuilles sous les Verres colorez comme sous les pierres précieuses, ils pourront paroître avec autant d'éclat, si leur couleur est aussi belle, à cause que la lumiére colorée repassera toute entiére aussibien à travers le verre qu'à travers la pierre.

Si on met de la teinture bleuë ou rouge de l'épaisseur de deux ou trois lignes sur du papier blanc, elle paroitra noire, parce que la lumiére qui se fera affoiblie en traversant les parcelles de la matiére de la couleur dans cette épaisseur jusques au papier, ne pourra être assez forte après s'y être refléchie pour les traverser une seconde fois, & par cette raison la liqueur paroitra noire ; mais si son épaisseur n'est que d'une demi ligne ou d'un quart de ligne, la lumiére s'affoiblira fort peu par les deux passages, & portera aux yeux la couleur avec un bel éclat.

La même chose arrive aux Laines, aux Soiës, & aux Plumes teintes, parce que les premiéres surfaces de leurs petites fibres qui refléchissent la lumiére, ne sont couvertes que d'une très-petite épaisseur de la matiére colorée.

Lors qu'on regarde le Soleil à travers une fumée épaisse, il paroît rouge ; mais si on regarde cette fumée de près, ayant le dos tourné au Soleil, & qu'il y ait un fonds obscur au delà, elle paroitra bleuë : j'attribuë cet effet à une foible reflexion de la lumiére qui se fait sur quelques parcelles de la fumée, après en avoir traversé quelques-unes ; & cela se doit faire à peu près de même que quand la lumiére tombe sur un mélange de noir de fumée & de blanc de plomb, puis qu'elle passe aussi par une très-petite épaisseur de noir, avant que de se refléchir sur le

blanc,

blanc, & que paſſant une ſeconde fois à travers cette petite épaiſſeur noire, elle s'affoiblit en ſorte qu'elle paroît bleuë.

On peut expliquer par les mêmes raiſons, le bleu qui paroît dans la matiére délicate qui eſt ſur les Raiſins meurs.

Le bleu de l'air peut proceder d'une ſemblable cauſe à peu près, mais la lumiére doit traverſer un très-grand eſpace d'air, pour faire paroître cette couleur, à cauſe de la ténuïté des parties qui la produiſent.

Le bleu qui paroît dans l'eau où l'on a mis tremper du bois néphrétique, vient encore d'une ſemblable cauſe. On y voit ordinairement trois ſortes de couleurs ; le jaune, le rouge, & le bleu. Le jaune ou le rouge eſt la véritable couleur de cette eau : car ſi on en emplit une phiole de trois ou quatre pouces de diamétre, & qu'on regarde un objet fort éclairé à travers le col de la bouteille ; l'eau qui y ſera, paroitra jaune, & le rouge paroitra dans les endroits où il y aura beaucoup d'épaiſſeur de cette eau. Mais il y a une autre matiére délicate qui fait le même effet que la fumée, c'eſt à dire que la lumiére l'ayant un peu pénétrée, & ſe refléchiſſant ſur quelques parcelles intérieures, elle porte aux yeux une couleur bleuë, pourvû qu'il y ait un fonds obſcur au delà de la bouteille ; car ce bleu eſt ſi foible, que ſi on met quelque petit corps blanc dans le milieu de l'eau, la reflexion qui s'y fera, ſera jaune ou rouge ſelon le plus ou le moins d'épaiſſeur de l'eau qu'elle traverſera, & elle effacera entiérement le bleu en cet endroit ; mais ſi peu que vous mettiez de cette liqueur ſur un verre plat, elle fera paroître du bleu ſi on voit de l'ombre au delà, & ce bleu ſera très-beau ſi le Soleil luit deſſus immédiatement.

Pour faire concevoir que cette matiére qui fait le bleu eſt très-délicate, mettez cinq ou ſix goutes d'eſprit d'Alun ou de quelque autre acide, ſur un peu de cette eau de bois néphrétique ; on n'y verra plus de bleu, mais ſeulement du jaune ou du rouge, parce que la matiére du bois néphrétique qui fait ces couleurs, eſt plus difficile à diſſoudre que celle qui fait le bleu : mais ſi vous mettez enſuite dans la même eau un peu de ſoude ou d'huile de Tartre ou de quelque autre Alcali, la couleur bleuë ceſſera d'être diſſoute, & ſe verra comme auparavant.

On y voit du verd en de certaines poſitions des yeux & de la lumiére, par le mélange des rayons qui portent le bleu & le jaune.

Les couleurs différentes de verd & de rouge de pourpre qu'on voit alternativement dans les plumes du col d'un Pigeon, peuvent être obſervées avec un bon microſcope, qui fera voir, que chaque petit fil de chaque plume tranſverſale eſt compoſé de pluſieurs petits quarrez alternativement rouges & verds, & qu'il s'y peut faire un même effet que dans les taffetas changeants.

La pierre appellée Gyraſole fait voir les mêmes couleurs que le bois néphrétique : car ſi on regarde un objet fort éclairé à travers cette pierre, on verra du jaune ou du rouge ſelon l'épaiſſeur de la pierre ;

mais si on la tourne du côté d'un fonds obscur, on verra paroître du bleu, vers la surface la plus proche de l'œil, si elle est suffisamment éclairée.

Si on met de l'eau dans le fond d'un Verre, & qu'ayant mis de l'huile de Chénevis au dessus de cette eau sans les mêler, on reçoive un petit rayon solide du Soleil sur cette huile dans un lieu obscur; la partie du rayon qui sera dans l'huile, paroitra rouge comme du corail, & même ce qui s'en refléchira par la rencontre de l'eau, paroitra aussi très-rouge; mais ce qui passera outre dans l'eau, n'aura plus de couleur.

On peut expliquer cette rougeur, en considérant ce rayon solide comme le petit corps blanc qu'on met dans la phiole pleine d'eau néphrétique: car si on suppose qu'il y a dans l'huile de Chénevis une matiére qui a du raport à celle qui fait le rouge dans cette eau, il s'ensuivra que le rayon paroitra rouge, étant vû à travers l'épaisseur de l'huile.

On ne verra point de rougeur dans l'eau qui est au dessous de l'huile, parce que le rayon n'y trouve point de parcelles opâques pour le faire refléchir.

Un semblable rayon paroît jaune dans l'huile d'Olive & dans celle de Navette.

II. RÉGLE.

Les sucs de toutes les fleurs bleuës & violettes deviennent verds par les Alcali, & prennent un beau rouge par les Acides.

APPLICATION.

Ayez des fleurs d'Iris, dont le violet soit fort enfoncé; pilez les après en avoir ôté ce qu'il y a de jaune, & en tirez le suc; mettez-y un peu de chaux vive; il deviendra verd en un moment: ce verd est très-beau & on s'en sert pour peindre en miniature.

Pour le conserver long-tems il y faut mettre trois ou quatre fois autant d'Alun que de chaux, & le faire seicher au Soleil.

Si on ne met que de l'Alun dans ce suc d'Iris, il sera d'un beau bleu qu'il conservera long-tems; mais enfin il prendra une couleur de verd brun.

Si au lieu de chaux ou de quelque autre Alcali, on y met un esprit Acide, ce suc deviendra rouge.

J'ai vû de semblables effets dans les sucs de Violettes & de plusieurs autres fleurs tant bleuës que violettes.

Que si on verse alternativement sur ces sucs, des Acides & des Alcali, on verra alternativement du rouge & du verd; mais il se fera une grande effervescence à chaque changement.

Les

Les fleurs rouges tirant ſur la couleur de pourpre font voir de ſemblables changemens à peu près.

Mais celles qui ont une couleur de feu, ne deviennent point vertes par les Alcali.

Si on fait bouillir des Roſes ou des Peaunes dans de l'eau commune, la décoction n'aura aucune couleur rouge & ſera preſque comme de l'eau pure; mais ſi on y mêle un peu d'acide, elle prendra un très-beau rouge.

Les Oeillets rouges-bruns bouillis de même, donnent une teinture de couleur noirâtre, & les feuilles deviennent vertes; ce qui eſt une marque que la matiére de la couleur rouge s'introduit dans le verd de la fleur & l'efface. L'eſprit de vitriol donne un très-beau rouge à cette teinture.

Ces derniéres liqueurs étant mêlées avec de l'huile de Tartre, deviennent verdâtres.

Les fleurs de Grenade bouillies donnent une teinture de rouge très-foible; l'eſprit de vitriol lui donne une couleur tirant ſur l'Orangé; mais les Alcali lui donnent une couleur de feuille morte.

Les teintures des Pavots des champs & des fleurs appellées Croix-de-Jéruſalem, font voir de ſemblables effets à peu près.

La plupart de ces décoctions étant à l'air, laiſſent évaporer dans peu de jours leur teinture rouge diſſoute; car ſi on met de l'eſprit de vitriol dans la décoction des Roſes, après l'avoir gardée quelque tems à l'air, il ne la rougit plus.

Les bleus qui ſe font de quelques graines, comme le Tourneſol, rougiſſent par les acides; mais ils ne verdiſſent point par les Alcali, & ils reprennent ſeulement leur couleur naturelle.

L'Urine récente & l'Eau de vie rougiſſent le Tourneſol; d'où l'on peut juger que ces matiéres ont un eſprit acide: celui de l'Urine s'évapore bien-tôt, car elle ne rougit plus le Tourneſol, après avoir été gardée ſeulement un jour.

Les bleus qui viennent des herbes, comme celui du paſtel, ne changent point par les Alcali, ni par la plupart des Acides.

III. RÉGLE.

LEs teintures des bois rouges, comme le bois d'Inde & le bois de Breſil, deviennent jaunes par les Acides, & de couleur violette par les Alcali; mais les teintures des plantes jaunes, comme la Gaude, le bois de Fuſtel, la racine appellée Terra merita, deviennent plus enfoncées par les Alcali, & perdent preſque toute leur couleur par les Acides.

APPLICATION.

Mettez du bois d'Inde dans de l'Urine récente, elle tirera sa teinture rouge, mais elle la dissoudra en même tems par son acide, en sorte qu'on ne verra que du jaune: Mêlez y de l'huile de Tartre ou de la soude, la teinture paroitra, mais elle prendra une couleur violette, & si on y mêle beaucoup d'eau, la teinture deviendra bleuë.

Versez du jus de Citron, ou du Vinaigre distilé, dans la décoction du bois de Bresil, elle deviendra jaune; mettez y ensuite de l'huile de Tartre, ce jaune se changera en violet.

Les esprits de Sel & de Vitriol, l'Urine, & l'aigre de Souphre, ôtent la couleur à la teinture de gaude; les esprits d'Urine & de Sel armoniac la font devenir de couleur de feuille morte.

L'Alun éclaircit les couleurs des bois & des fruits par son acide, & les empêche de s'évaporer par sa stipticité & vertu astringente.

La toile de Soië étant devenuë jaune se blanchit par la fumée de Souphre; cet effet procéde de son esprit acide, & non de sa matiére inflammable.

IV. RÉGLE.

Les végétations qui se font dans les lieux exposez au grand air, sont vertes; & celles qui se font dans les lieux souterrains, ou sous quelques couvertures opâques, sont blanches, ou jaunes.

APPLICATION.

Mettez une pierre de taille ou quelque morceau de bois sous une goutiére, il s'y fera une végétation verte, un peu après la pluië; mais lorsque le bois se moisit dans une cave, cette moisissûre, qui est aussi une espéce de végétation, comme on le reconnoît par les microscopes, est jaunâtre.

Quand le blé germe, ce qui est dans la terre est blanc ou jaune, & ce qui est plus haut dans le grand air est verd, ce qui touche la terre est souvent d'un rouge jaunâtre avant que d'être verd.

Si on couvre des plants de Melon qui commencent à sortir de terre, avec des pots d'une matiére opâque, ils demeureront jaunâtres, & les premiéres feuilles ne grossiront que fort peu; mais si on les laisse à l'air, ils deviendront verds dans moins d'un jour, & leurs premiéres feuilles s'élargiront.

Ce dernier effet se verra de même, si on les couvre d'une cloche de verre transparent, encore qu'ils n'ayent aucune communication avec le grand air, pourvû que le Soleil les éclaire. Les causes de ces effets dif-

différens sont, que les deux lobes de leurs graines étant blancs d'eux-mêmes, ils ne peuvent devenir verds, s'ils ne reçoivent beaucoup d'eau dans leurs fibres. Or quand le Soleil les éclaire, il les fait croître, & il y monte beaucoup d'eau de la racine; & l'eau étant verte d'elle même, & se rendant opâque par un peu de mélange de la matiére de ces lobes, elle fait paroître un beau verd. Mais quand ces lobes sont à l'ombre, ils attirent peu d'eau & conservent leur blancheur, ou bien ils deviennent seulement un peu jaunâtres.

Le jaune du germe du blé dans la terre se peut expliquer de même.

Si l'on couvre des Chicorées vertes ou des Laituës avec un pot de terre, elles deviendront jaunes; & si on les lie, leurs feuilles intérieures qui sont à couvert du Soleil, deviendront blanches ou jaunes. Mais si on les découvre, elles reprendront leur verd peu à peu.

On peut croire que ce n'est pas assez qu'il y ait une très-grande quantité d'eau dans les plantes naissantes, pour les faire paroître vertes: mais qu'il est encore nécessaire que la lumiére du Soleil donne pour cet effet quelque disposition particuliére à quelques parties des principes qui s'y mêlent avec l'eau; que cette disposition se change, quand les plantes ne sont plus éclairées par le Soleil; & qu'elle n'y est pas encore, quand elles commencent d'être exposées à sa lumiére.

V. REGLE.

Il y a beaucoup de matiéres jaunes ou obscures qui se blanchissent lors qu'on les mouille & qu'on les fait seicher au Soleil alternativement; & si étant blanches elles sont long-tems à l'air sans être mouillées, elles deviennent jaunes.

APPLICATION.

Faites fondre de la Cire jaune & la réduisez en petites lames & les étendez sur de l'herbe au matin, pour y recevoir la rosée; mouillez les aussi deux ou trois fois par jour, elles deviendront très-blanches en moins de 15 jours.

Les Cheveux blonds deviennent blancs par ce moyen, & les noirs deviennent jaunes.

Les toiles cruës jaunâtres se blanchissent de même.

L'eau fait ces effets, parce qu'elle dissout un peu les teintures grossiéres qui font le jaune, & les enléve avec elle en s'évaporant: Elle dispose aussi quelques petites parcelles intérieures, en se mêlant avec elles, à faire de petites éminences à la surface de ces corps, lesquelles y font paroître de la blancheur par la reflexion de la lumiére.

Que si vous mettez de la toile blanche à l'air sans la mouiller, ces petites éminences se détruiront par l'évaporation de l'eau, & la toile jaunira.

Met-

Mettez aussi une feuille de papier blanc à moitié dans un livre fermé; ce qui sera à l'air deviendra jaune en peu de tems, & ce qui sera caché conservera sa blancheur.

Les tiges des blés & de beaucoup d'autres plantes deviennent jaunes en Eté par les matiéres terrestres & salines que l'eau y a amassées pendant le tems de la végétation; & ce jaune paroît bien, quand la racine ne pousse plus d'eau dans la tige, & qu'une grande partie de celle qui y étoit, est évaporée.

Les feuilles des arbres deviennent jaunes par la même raison, quand elles ne reçoivent plus l'eau de la séve.

Les Melons, les Concombres, les Poires, les Pommes & beaucoup d'autres fruits, deviennent jaunes quand ils sont sur le point d'être meurs; car alors les pores de leurs queuës, par où ils se sont nourris, se ferment, & il n'y passe plus d'eau pour succéder à celle qui s'évapore.

Les Cheveux deviennent blancs en la vieillesse, parce que leurs fibres sont blanches d'elles-mêmes, & que la liqueur qui leur donne la couleur blonde ou la noire, ne peut plus passer entre les pores de ces fibres.

La fleur de Chévre-feuil est d'un rouge de pourpre dans son calice, & les feuilles sont blanches: mais quand elle se seiche, tout en devient jaune; savoir la blancheur de la fleur, par les mêmes causes qui font que le Papier blanc se jaunit à l'air; & le rouge du calice, par l'évaporation des plus subtiles parties qui font sa rougeur.

VI. REGLE.

L*Es matiéres terrestres & sulphurées deviennent rouges par une grande chaleur, & quelques-unes deviennent enfin noires.*

APPLICATION.

LA plupart des terres dont on fait la brique deviennent rouges dans un grand feu: & si on met de la brique au foyer du grand miroir de la Bibliothéque du Roi, l'endroit où la lumiére sera réünie, bouillira par le mouvement des fumées grossiéres qui en sortent, & cet endroit étant refroidi, se trouvera vitrifié en Email noir; il paroît dans ce noir un mêlange de verd, qui peut venir de quelques grains imperceptibles de sable, qui sont mêlez dans la terre.

Le bol rouge, la sanguine, l'ardoise, la pierre ponce, prennent une couleur noire, si on les expose de même au foyer de ce grand miroir.

Le sucre mis auprès du feu, rougit quand il commence à se fondre, & devient noir peu à peu.

Le souphre & le mercure, mêlez ensemble, & poussez au feu jusques

ques à se sublimer, font un beau rouge qu'on appelle Cinabre artificiel.

Le Cinabre minéral se fait par les mêmes matiéres, lors qu'elles demeurent long-tems en digestion dans les mines, à une médiocre chaleur.

Si on remuë du plomb fondu avec quelque instrument de fer jusques à ce qu'il soit réduit en poudre, & qu'on mette cette poudre à un grand feu de reverbére, elle deviendra rouge ; c'est ce qu'on appelle du Minium.

Les Ecrevisses ont une teinture noirâtre, elle devient rouge à un feu médiocre ; mais si on les approche d'un grand feu, les fumées qui sortent de leur matiére terrestre & sulphurée les fait devenir noires.

Le papier blanc étant approché du feu devient jaune par les premiéres fumées & par l'évaporation des parties aqueuses ; il devient rougeâtre ensuite, & enfin noir un peu avant que le feu s'y mette. Par les mêmes raisons l'Yvoire étant mis proche d'un grand feu devient successivement jaune, rouge, & noir ; ce noir sert pour la peinture.

Le vitriol a une terre qui devient rouge par un très-grand feu.

Si on serre une petite verge de fer, dans un étau entre deux petites plaques de bois pour la limer ; le frémissement que ses parties recevront lors qu'on la limera vers une de ses extrémitez, l'échauffera, & elle changera de couleur à proportion que la chaleur s'augmentera. On verra dans ce fer en l'endroit limé, du jaune de paille, puis du jaune doré, & enfin du bleu mêlé de quelque peu de rouge ; les fumées qui en sortent par la chaleur lui donnent ces couleurs différentes : mais si on le met rougir dans le feu, il sera noir quand il sera refroidi.

Les Pommes & les Poires rougissent par la chaleur dans les endroits qui sont les plus éclairez du Soleil.

Par la même raison on voit beaucoup de fleurs rouges en Eté ; mais les premiéres fleurs du Printems sont la plupart bleuës ou violettes.

REMARQUE.

CEs six Régles générales pourront servir pour expliquer beaucoup d'autres effets touchant les couleurs, & même on pourra en appliquer quelques-unes à l'art de Teinture, & à l'art de colorier le verre. En voici quelques exemples.

On se sert de l'Alun dans la teinture des Laines, des Soiës, & des Plumes, non seulement parce qu'il fait pénétrer les couleurs, mais parce qu'il les rend plus belles, & qu'il les conserve, suivant ce qui a été dit en la troisiéme Régle.

Faites bouillir de la Cochenille dans de l'eau : mettez dans la moitié de la teinture rouge qui en sortira un peu d'alun en poudre, & ne mettez rien dans l'autre moitié ; cette derniére sera noirâtre & sans aucune beauté dans deux jours, & l'autre sera d'une belle couleur de rose ti-

rant un peu ſur le violet, qu'elle conſervera très-long-tems. La même choſe arrive à la graine d'Ecarlate.

La graine d'Ecarlate eſt un petit fruit rouge qui vient ſur un arbriſſeau appellé *Kermes*, & la Cochenille eſt un petit inſecte des Indes, lequel eſt griſâtre quand il eſt ſec.

Pour avoir une belle Ecarlate, on mêle avec la Cochenille ou avec la graine d'Ecarlate quelques acides & même de l'eau forte pour donner de la vivacité à leurs couleurs rouges, & leur ôter le violet.

C'eſt par cette raiſon que pour teindre en Ecarlate on ſe ſert d'une Chaudiére d'étain & non de cuivre, parce que l'eau forte tireroit une couleur bleuë du Cuivre.

On ſe ſert de Paſtel dans le noir, à cauſe que ſa couleur bleuë ne reçoit point de changement par les Acides, ni par les Alcali.

On n'employe point de bois de Breſil dans les bonnes teintures, parce que ſon rouge s'évapore facilement, & que les Acides le changent en jaune.

Si on verſe de l'Urine, ou du jus de Citron, ou de l'Eſprit de vitriol, ſur du ruban verd, il devient bleu; ce changement vient de ce que le verd étant compoſé du jaune de la Gaude & du bleu de l'Inde, ces acides ôtent la couleur à la Gaude, ſuivant la troiſiéme Régle, & ne font rien ſur le bleu de l'Inde, & par conſéquent il ne doit reſter que le bleu.

J'ai vû changer en un moment une plume verte en couleur de feuille morte, en la trempant dans de l'eau forte où il y avoit beaucoup d'eſprit de Salpêtre; je jugeai que ce changement procedoit de ce que cet eſprit acide détruit le bleu de l'Inde, & change le jaune de la Gaude en feuille morte, comme il a été dit.

Il y a beaucoup de précautions à obſerver dans les teintures, & pour en faire voir les difficultez, je rapporterai ici la maniére de teindre les plumes en Incarnadin d'Eſpagne, dont j'ai vû le détail.

Les plumaſſiers ſe ſervent pour cette teinture, d'une fleur jaunâtre qu'on appelle du Saffran bâtard.

On met une certaine quantité de cette fleur toute ſéche dans un ſac, on la fait laver huit ou dix heures durant dans une eau courante pour en ôter la teinture jaune, & on ceſſe de la laver quand on voit paroître ſa teinture rouge, qui eſt la plus belle & la plus fixe: On preſſe enſuite le ſac avec les fleurs, & on retire le marc, qu'on met dans une baſſine; on y mêle de la ſoude d'Alicant, ſavoir deux onces de ſoude pour deux livres de Saffran; on les frotte & on les mêle enſemble juſques à ce que toute la couleur ſoit obſcure & noirâtre, ce qui arrive à cauſe que la ſoude eſt un Alcali; on jette de l'eau un peu plus que tiéde dans la baſſine en quantité ſuffiſante, & on délaye bien tout le Saffran & la Soude; on jette enſuite le tout dans une chauſſe pour le paſſer, & on preſſe la chauſſe juſques à ce que le Saffran ſoit preſque ſec.

Cet-

Cette derniére eau, qu'on reçoit dans une baſſine ou cuvette, n'eſt point d'une belle couleur. Enfin on la fait un peu chauffer & on y mêle une chopine de jus de Citron en remuant avec un bâton : Alors l'acide de ce jus lui donne une belle & vive couleur d'Incarnadin d'Eſpagne ; on y trempe les plumes deux ou trois fois, & on prépare encore un ſemblable bain pour les y tremper pluſieurs fois, afin qu'elles ayent une ſuffiſante épaiſſeur de teinture ; ſi on laiſſoit refroidir le bain avant que d'y mettre les plumes, la teinture jauniroit.

A l'égard des couleurs qu'on donne au verre, on les tire des métaux & de quelques autres ſubſtances capables de ſoutenir la violence du feu.

Le beau verre ſe fait avec de la ſoude de Levant & du ſable blanc. Il y a des ſables meilleurs les uns que les autres ; On y mêle un peu de Manganéze pour ôter la couleur verdâtre de la ſoude & du ſable fondus enſemble.

La Manganéze eſt un minéral qui étant préparé par la calcination eſt comme une poudre noirâtre. J'ai obſervé que ſi on en met un peu dans un verre à boire avec de l'eau, il ſe fait d'abord du verd ; & que ſi on y met davantage d'eau, le verd dure encore, mais il ſe change incontinent en rouge tirant ſur le violet : ce rouge ſe conſerve quelques jours ſi on y mêle un peu d'Alun ; mais ſi on y mêle un peu d'eau de vie, il devient jaune en moins de deux heures, & peu de tems après l'eau s'éclaircit & la Manganéze ſe précipite au fond du verre en poudre jaune ; j'en ai vû ſe précipiter de même en moins de trois heures ſans y avoir rien mêlé.

Ce minéral fait auſſi de différens effets étant mêlé avec le verre.

Si on en met beaucoup dans le padelin, c'eſt à dire dans le pot où l'on fait fondre la matiére du verre, le verre ſera d'un rouge de pourpre ; ſi on y en met médiocrement & qu'on l'y laiſſe aſſez long-tems, le deſſus de la matiére fonduë ſera un peu rougeâtre, le milieu ſera clair & ſans couleur, & le fond ſera d'un verd jaunâtre.

On peut croire que la matiére de la Manganèze qui ſe précipite en poudre jaune au fond de l'eau, eſt celle qui tombe vers le fond du padelin, & y fait la couleur jaunâtre ; que la matiére rouge qui s'évapore dans l'eau, s'envole auſſi du verre & emporte avec ſoi la couleur verdâtre de la ſoude & du ſable ; & que la foible teinte de rouge qui demeure dans la matiére qui eſt au haut du padelin, y eſt retenuë par la viſcoſité du verre, qui ne la laiſſe évaporer entiérement qu'après beaucoup de tems. Le Verre qui a cette foible teinte de rouge eſt très-propre pour faire les verres objectifs des lunettes d'approche.

On donne la couleur violette au verre, en y mêlant du Saphre avec de la Manganèze.

Le Saphre eſt un minéral griſâtre, qui étant préparé par la calcination devient bleu.

On fait le Verre verd avec le cuivre calciné & la rouille de fer: on dit que la meilleure eſt celle qu'on tire des Anchres qui ont été long-tems dans la Mer.

On donne auſſi une belle couleur verte au verre, en y mêlant du Minium ou Chaux rouge de Plomb, & du Cuivre calciné.

On fait le verre jaune avec de la rouille de fer; l'Argent calciné ſert auſſi à lui donner cette couleur, étant mêlé avec d'autres matiéres.

Le Sieur *Hubin* m'a dit avoir obſervé, que ſi on met de la limaille d'Epingles ou de Cuivre jaune dans le padelin avec le verre fondu, elle le fait devenir rouge; qu'elle le fait devenir verd, ſi on la fait calciner ſept ou huit jours durant, avant que de l'y mettre; & qu'elle lui donne un beau bleu, ſi on l'a tenuë en calcination pendant trois ſemaines ou un mois.

On donne un beau bleu d'Aiguë marine au verre, en y mêlant du cuivre rouge calciné pluſieurs fois, & y ajoutant un peu de Saphre calciné.

J'ai obſervé qu'ayant tenu une piéce de Cuivre rouge aſſez long-tems au foyer du grand miroir brulant de la Bibliothéque du Roi, le milieu qui avoit été fondu, étoit noirâtre: mais il y avoit un petit endroit à côté de ce noir, qui étoit d'un fort beau rouge; d'où j'ai jugé, que le cuivre peut ſervir à donner une couleur rouge au verre.

Le beau rouge-clair ne ſe peut faire ſans quelque mélange d'or, à ce que diſent les Jouailliers & les Orfévres; mais ils en cachent le ſecret.

M. *Trocut*, ſavant Médecin & très-expert dans les opérations de la Chymie, m'a fait voir du verre tranſparent & ſans couleur qu'il diſoit être imprégné d'une teinture d'or: Il en fit mettre en ma préſence un petit morceau au feu de la lampe d'un Emailleur, où il devint en peu de tems d'un beau rouge tranſparent, ayant un éclat de Rubis: Il en mit auſſi un petit morceau au foyer du grand miroir concave de la Bibliothéque du Roi; il s'y fondit bien-tôt & il s'en fit une goute ronde qui tomba; il y paroiſſoit en quelques endroits du rouge tranſparent, ce qui fit juger qu'elle ſeroit devenuë entiérement rouge, ſi elle fut demeurée plus long-tems expoſée à cette grande chaleur.

On pourroit s'étonner de ce que les Métaux, qui ſont des corps très-opâques, donnent au verre des couleurs tranſparentes.

Pour reſoudre cette difficulté, il faut conſidérer que ces matiéres ſont fort diſcontinuées dans le verre, & que les épaiſſeurs de leur parcelles ſont ſi petites, qu'elles ne peuvent empêcher qu'une partie de la lumiére ne les traverſe: Ainſi l'argent diſſous en de très-petites parcelles dans de l'eau forte, n'empêche pas que toute la liqueur ne ſoit tranſparente.

Les couleurs que les Métaux donnent au verre, & même toutes les autres couleurs, n'ont qu'une médiocre tranſparence; de là vient que le verre coloré paroît noir quand il eſt très-épais. Dans les belles vitres an-

anciennes, les verres rouges n'ont de la couleur que jusques à environ le tiers de leur épaisseur, afin que la lumiére les puisse pénétrer plus facilement.

M. *Trocut* m'a fait voir une petite pierre de Cristal de Roche taillée à huit pans, dans toute laquelle il paroît une fort belle couleur de Rubis d'Orient, quoique la couleur rouge qu'il y a appliquée par le dessous, soit d'une épaisseur imperceptible, le trenchant des vives arêtes des degrez & facettes n'en étant point alteré. Cette pierre qui en elle-même est toute blanche, étant mise dans un Chaton avec une feuille dessous de la même couleur, ressemble parfaitement au plus beau Rubis d'Orient qu'on puisse trouver.

De là on voit manifestement qu'un seul passage de la lumiére à travers une très-petite épaisseur de matiére colorée, suffit pour faire paroître d'assez belles couleurs, & qu'elles sont plus fortes & plus belles, si l'épaisseur est médiocre, ou si l'épaisseur étant très-petite, la lumiére la traverse plusieurs fois.

QUATRIÉME DISCOURS.

DES APPARENCES DES COULEURS QUI PROCEDENT DES MODIFICATIONS INTERNES DES ORGANES DE LA VISION.

Lorsque pendant la nuit on serre les yeux assez long-tems, on apperçoit plusieurs couleurs différentes; car le pressement des nerfs de la Choroïde y fait quelques modifications, & quelles que puissent être les modifications de ces nerfs, elles donnent des apparences de couleurs ou de lumiéres : & même sans serrer les yeux, on voit souvent pendant la nuit, en les tenant fermez, quelques foibles apparences blancheâtres ou colorées, & non un noir parfait.

Il y a beaucoup de personnes qui voyent quelquefois ayant les yeux fermez, une clarté brillante comme un éclair qui dure environ un demi quart d'heure. Elle peut venir d'une humeur acre qui picote quelque endroit des nerfs qui servent à la vision, soit dans la Choroïde, soit dans la conduite du nerf optique; si l'on ouvre alors les yeux, il paroît du noir vers l'endroit où l'on voit l'éclair ayant les yeux fermez; si on veut lire, on ne peut discerner la plupart des lettres; mais on ne peut lire en aucune sorte, quand on voit cette apparence vers le lieu qu'on regarde directement. Il est impossible de savoir dans lequel des yeux est ce deffaut; car encore qu'on les ferme alternativement, le même deffaut de vision paroît toujours, parce que cette apparence est si forte, qu'elle détruit celle des objets, que l'autre œil devroit appercevoir.

Cette apparence de lumiére prend ſur la fin des couleurs, & même elle change de place & diminuë de grandeur.

Lors qu'on a regardé des nuées fort éclairées, ou qu'on a lû long-tems dans un livre au Soleil, les yeux s'éblouïſſent, en ſorte qu'en regardant un objet médiocrement illuminé, on ne le voit pas bien.

Cet éblouïſſement dure aſſez long-tems.

Si on ferme alors les yeux ou qu'on regarde du noir, il paroît du verd; mais ſi on regarde du blanc, il paroît rouge, en ſorte qu'en regardant des fleurs blanches, on peut croire qu'elles ſont rouges.

Ces couleurs ſe changent peu à peu en s'affoibliſſant, & on voit quelquefois ſur la fin, du verd bordé de rouge, en tenant les yeux fermez : ſi on regarde alors un grand objet blanc médiocrement illuminé, on y voit du rouge bordé de verd ; c'eſt à dire que le verd de l'impreſſion reſtée, joint au blanc de l'impreſſion préſente, fait paroître du rouge, & que réciproquement le rouge de l'impreſſion reſtée joint au blanc de l'impreſſion préſente, fait paroître du verd. Ces apparences durent aſſez long-tems, & on les peut obſerver à loiſir.

Si en marchant vous regardez le Soleil à demi caché ſous l'horizon, ſon image tombera en pluſieurs endroits ſur la Choroïde à cauſe du mouvement; & ſi enſuite vous regardez ailleurs, vous verrez trois ou quatre petites obſcuritez, & en fermant les yeux il vous paroitra trois ou quatre demi-Soleils; mais ſi en peu de tems vous avez regardé le Soleil deux ou trois fois, vous verrez ſept ou huit de ces demi-Soleils, dont quelques-uns ſeront blancs, & les autres verds ou rouges &c. Ces différentes couleurs procédent de l'affoibliſſement ſucceſſif des impreſſions.

Si on a regardé pendant dix ou douze ſecondes, la lumiére du Soleil réünie par un verre convexe ſur du papier blanc; le grand éclat du petit rond blanc qui eſt au foyer au milieu de l'ombre que fait le verre, & le médiocre éclat du reſte du papier éclairé par le Soleil, continuent long-tems leurs impreſſions dans les organes de la viſion ; & ſi on regarde alors quelque paroi blanche, médiocrement éclairée, on y verra un rond blanc, & un petit rond obſcur au milieu. Cette apparence ſe fait, parce que l'endroit de la Choroïde, où la lumiére du Soleil réünie a fait une forte impreſſion, ne peut être touchée par une clarté foible préſente, ni même tout l'eſpace qui a reçû l'impreſſion du papier blanc éclairé par le Soleil : Mais l'eſpace rond où a été reçuë la peinture de l'ombre du verre convexe, recévra l'impreſſion toute entiére de l'objet préſent, parce qu'il ne lui reſte point d'impreſſion ſenſible de la partie du papier qui étoit à l'ombre.

Si vous fermez & ouvrez les yeux l'un après l'autre alternativement, les objets ne vous paroitront pas toujours préciſément de la même couleur, parce qu'il eſt preſque impoſſible que les deux yeux ſoient toujours également expoſez aux objets, & il en reſte un peu plus d'impreſſion dans l'un des yeux que dans l'autre ; ce qui doit faire paroître

tre de la différence, à l'égard de la couleur, dans un même objet qu'on regarde enfuite par l'un ou l'autre des yeux alternativement.

De là on peut juger que les couleurs ne paroiffent pas précifément de même à tous ceux qui les regardent.

Il y a une apparence furprenante que beaucoup de perfonnes m'ont dite avec admiration fans en favoir les caufes.

Cette apparence eft, que fi on regarde le matin, en ouvrant les yeux, un châffis fort éclairé, fans que le Soleil y luife immédiatement, & qu'on fe couvre les yeux enfuite après les avoir fermez; on voit quelquefois l'apparence du châffis comme on l'a vûë, c'eft à dire que les quarrez paroiffent blancs, & que les traverfes de bois paroiffent obfcures; & d'autrefois on voit le contraire, favoir que les traverfes paroiffent blanches & les quarrez obfcurs. Et il arrive prefque toujours que fi en continuant de tenir les yeux fermez, on les tourne une feconde fois du côté du châffis, les apparences des traverfes font blanches, & celles des quarrez font noires.

Voici comment j'explique ces apparences.

Si vous regardez tout à coup un châffis fort éclairé, & que vous refermiez bien-tôt vos yeux, en les tournant vers un lieu fort obfcur; l'impreffion de ce que vous aurez vû, continuëra quelque tems, & par cette raifon il vous paroitra des quarrez blancs & des traverfes noires: mais peu à peu les parties de la Choroïde qui ont reçû l'impreffion des quarrez éclairez, communiqueront leurs mouvemens aux parties contiguës qui ont reçû la peinture des traverfes de bois, & les ayant enfin entiérement ébranlées à caufe de leur peu de largeur, elles leur donneront une impreffion fuffifante pour faire paroître de la blancheur, en forte que toute l'apparence du châffis fera blanche. Mais fi tenant toujours les yeux fermez, vous les tournez vers le châffis, ou vers quelque autre lieu fort éclairé; la lumiére qui paffera alors à travers vos paupiéres, fera affez forte pour faire impreffion fur les endroits de la Choroïde où s'eft faite la peinture des traverfes du châffis, mais elle fera trop foible pour faire une impreffion fenfible fur les endroits qui ont reçû la lumiére des quarrez; & par conféquent leurs apparences paroitront obfcures, & celles des traverfes paroitront blanches, étant aifé de juger que les impreffions que les parties ébranlées par la lumiére des quarrez blancs, ont communiquées aux petites parties qui ont reçû la peinture des traverfes noires, font bien plûs foibles que celles qu'elles ont reçûës elles-mêmes par la lumiére immédiate: cette lumiére qui paffe à travers les paupiéres, peut auffi agir fur les endroits de la Choroïde qui font à côté de ceux où le châffis a été peint, & ainfi on verra par tout une apparence de blancheur, à la referve des quarrez qui paroitront noirs.

Que fi on regarde plus long-tems le même châffis, comme pendant quinze ou vingt fecondes, fixant toujours la vûë en un même point à peu

peu près ; on verra d'abord en fermant & couvrant les yeux, une apparence de traverſes blanches, & de quarrez d'un rouge obſcur, parce que la continuation de la vûë de la forte lumiére des quarrez, émouſſe le ſentiment des parties de la Choroïde où ils ſont peints, & ébranle médiocrement les parties contiguës où ſont peintes les traverſes, d'où il arrive que l'on voit d'abord des traverſes blanches & des quarrez d'un rouge obſcur ; & ſi enſuite on tourne les yeux fermez vers le châſſis, la lumiére qui paſſera à travers les paupiéres, fera voir encore des traverſes blanches & des quarrez noirs par les mêmes raiſons qui ont été dites.

Ces apparences ne paroitront pas préciſément de même, ſi le châſſis eſt éclairé immédiatement par le Soleil ; mais on pourra l'expliquer avec autant de facilité par de ſemblables raiſonnemens.

Ceux qui paſſent d'un lieu très-éclairé en un lieu ſombre & obſcur, n'y peuvent diſcerner les objets, ni appercevoir leurs couleurs, juſques à ce que les ouvertures des prunelles ſoient ſuffiſamment dilatées, & que les impreſſions qui ſont demeurées dans les organes de la viſion, ſoient preſque entiérement effacées ; & ceux qui paſſent tout à coup d'un lieu fort ſombre & obſcur dans un autre très-éclairé, ſouffrent un éblouïſſement qui bleſſe la vûë, parce que les prunelles qui ſont extrémement dilatées dans l'obſcurité, ne peuvent étrecir aſſez promptement leurs ouvertures de la maniére qu'elles doivent l'être pour voir commodément les objets qui ont beaucoup d'éclat.

F I N.

De la Nature de l'Air.

Fig. 48.

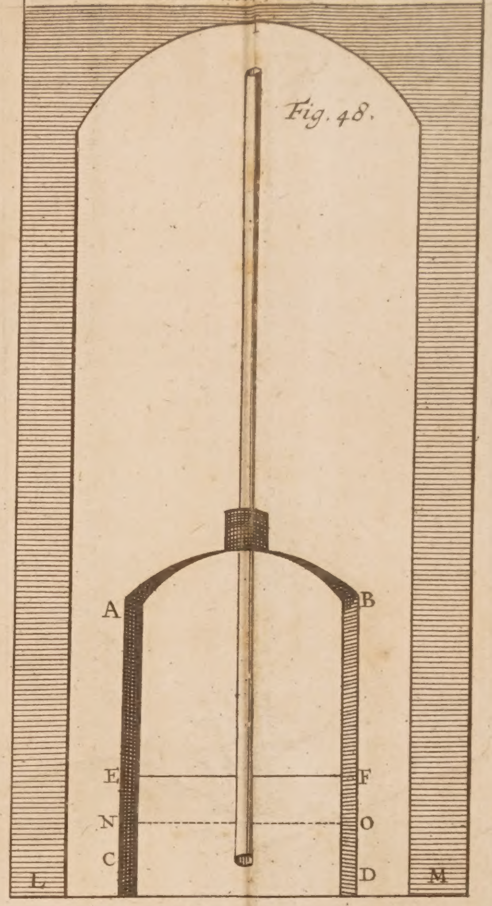


Fig. 3.

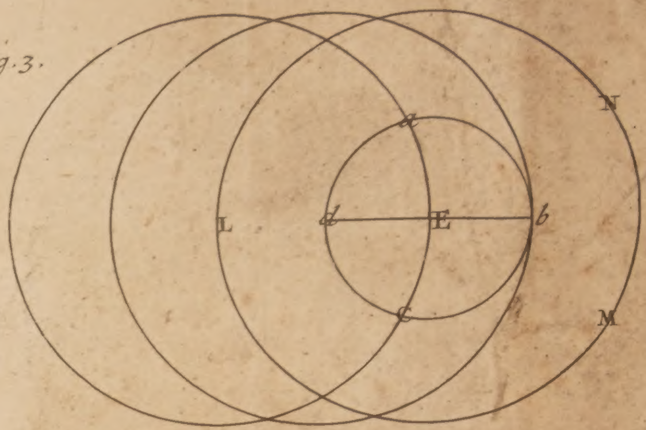


Fig. 2.

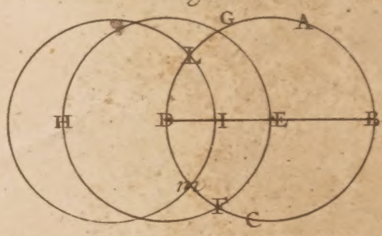
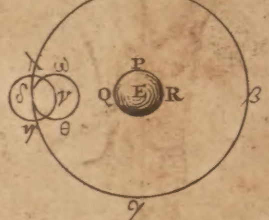


Fig. 4.



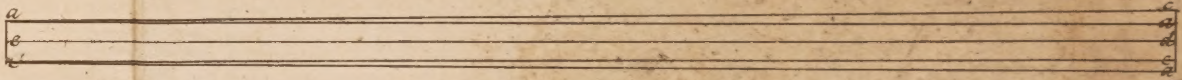


Fig. 1.

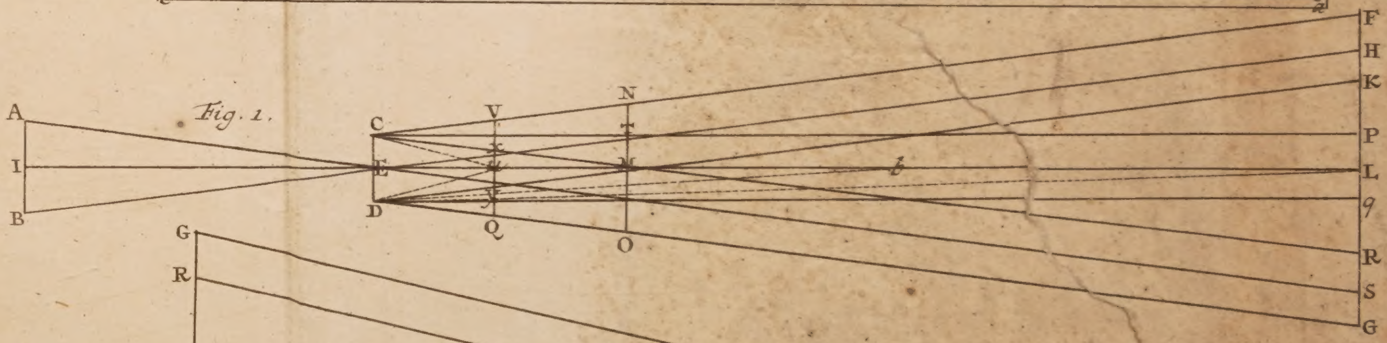
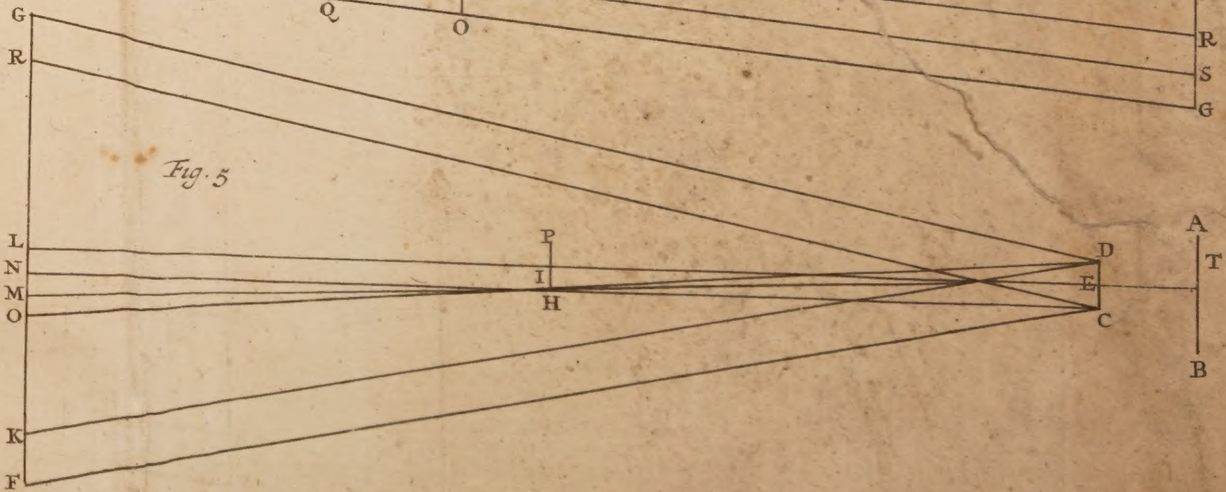


Fig. 5.



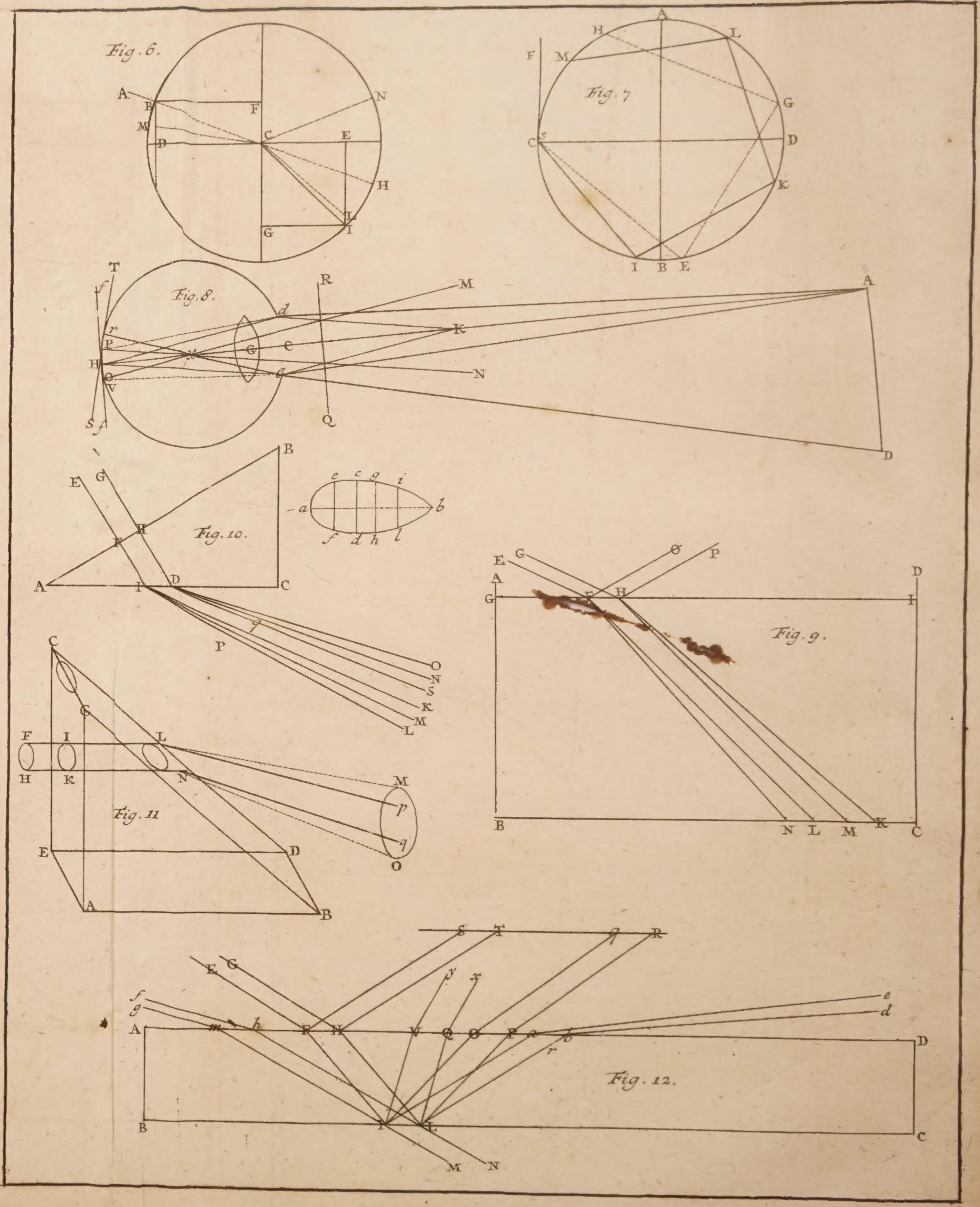


Fig. 6.
Fig. 7
Fig. 8.
Fig. 10.
Fig. 9.
Fig. 11
Fig. 12.

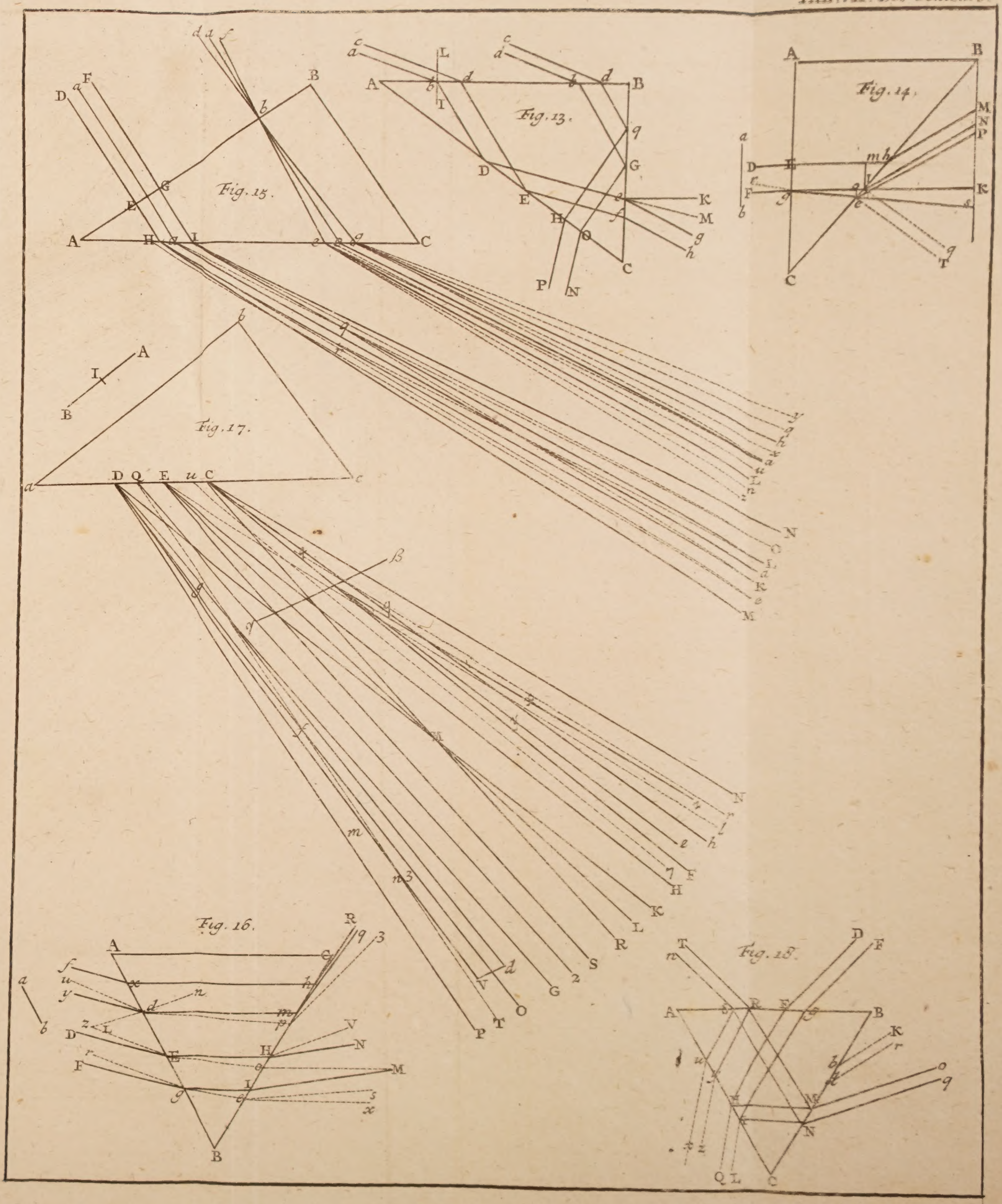


Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.

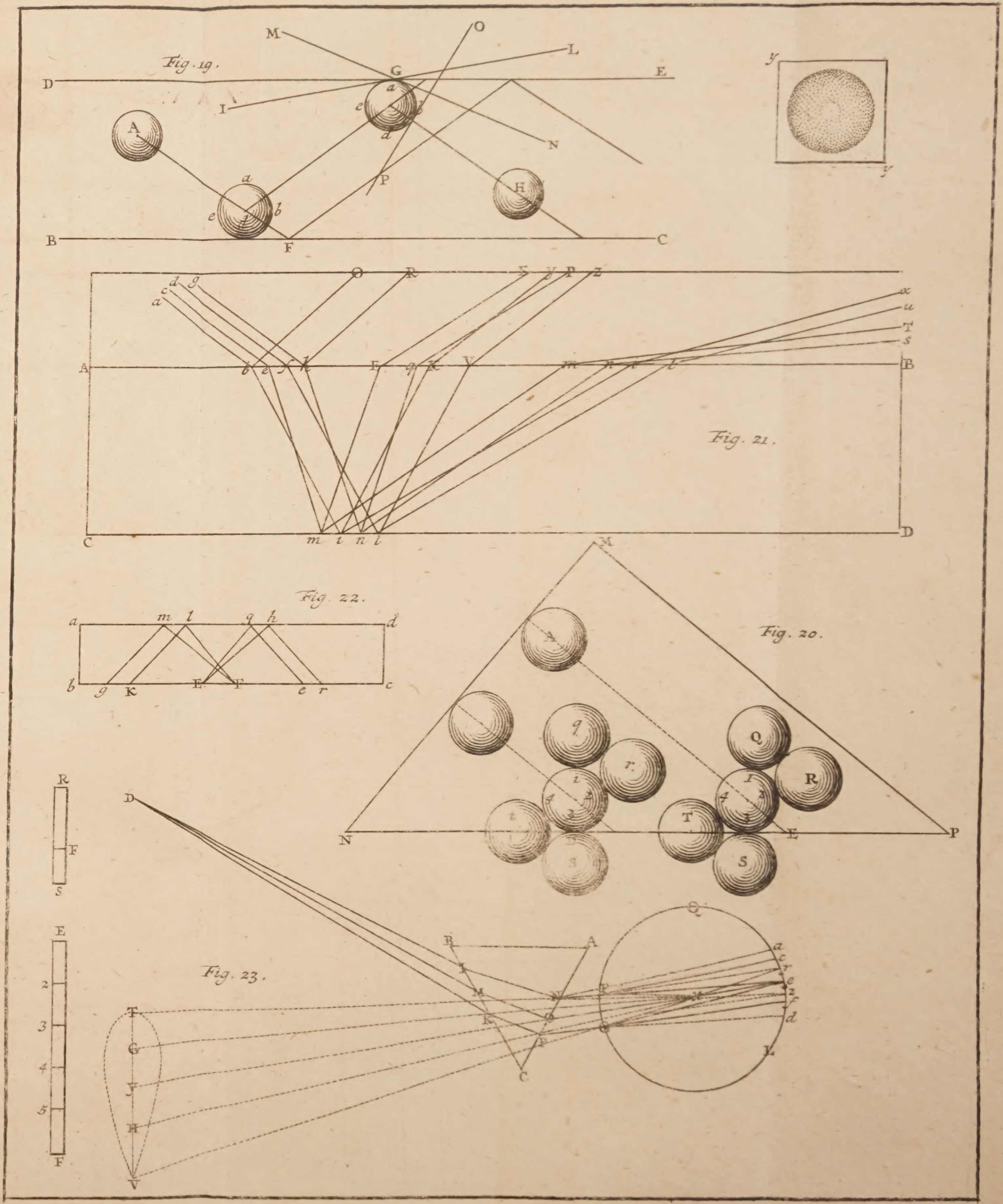


Fig. 19.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 20.
Fig. 23.

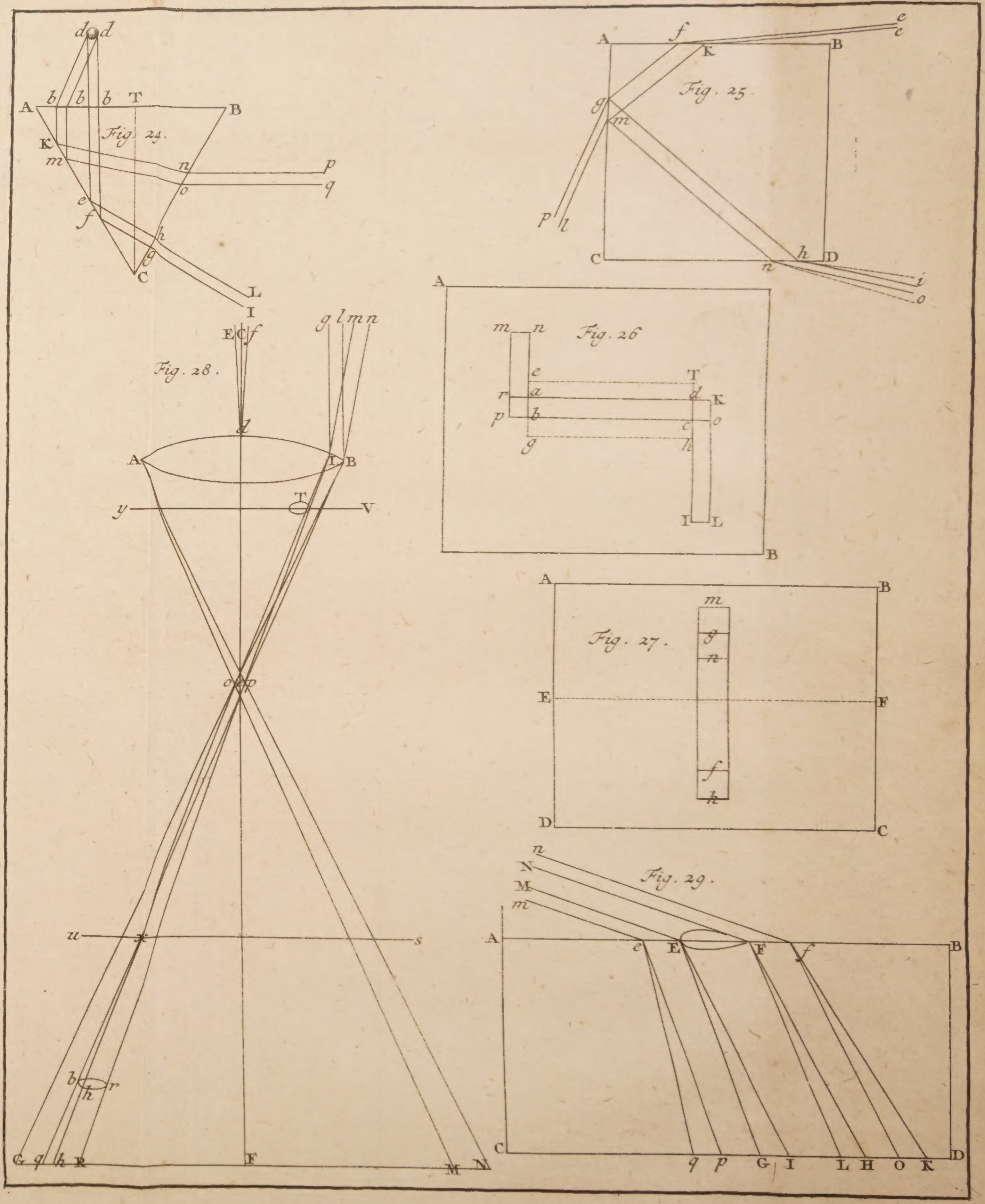


Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.

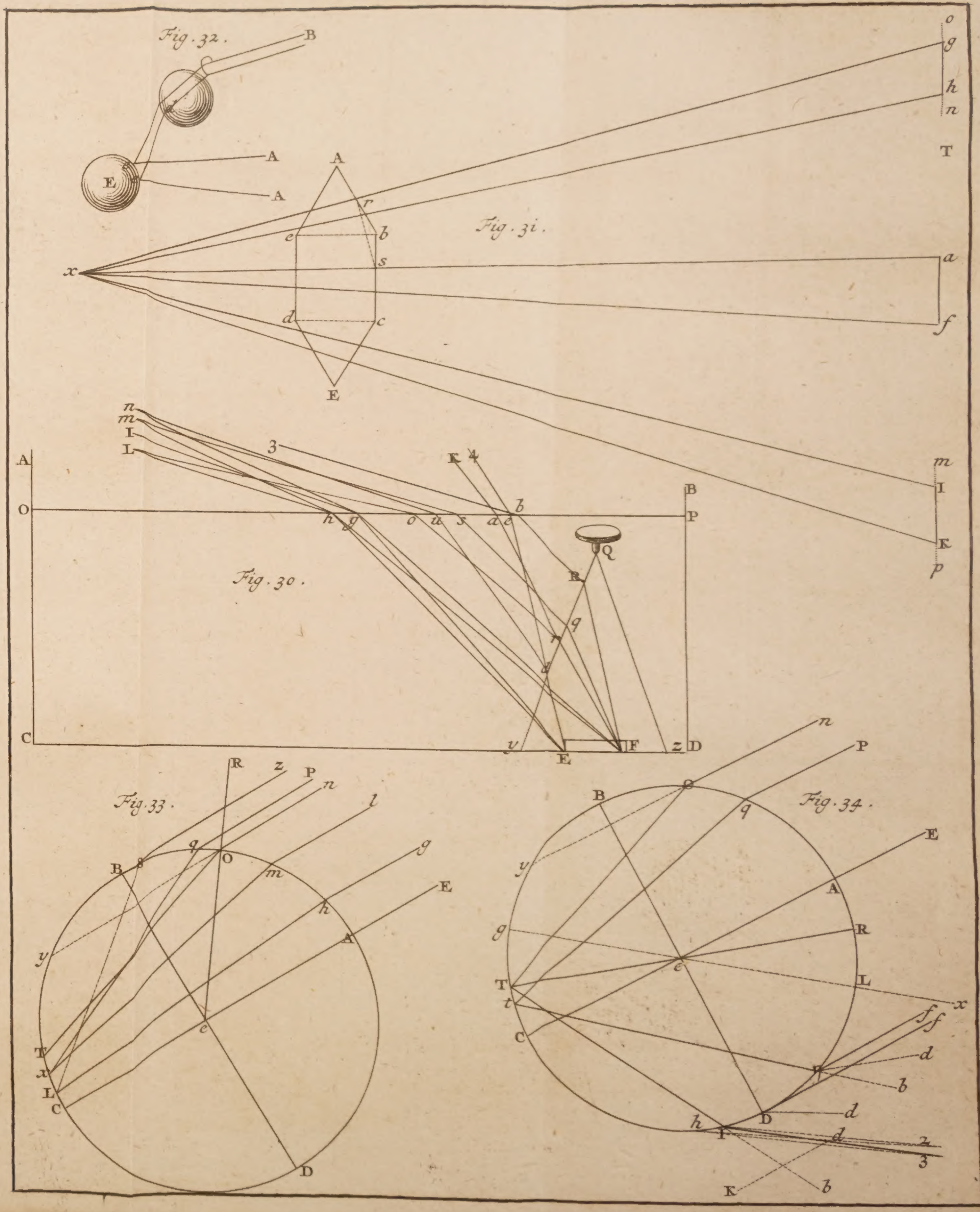


Fig. 32.
Fig. 31.
Fig. 30.
Fig. 33.
Fig. 34.

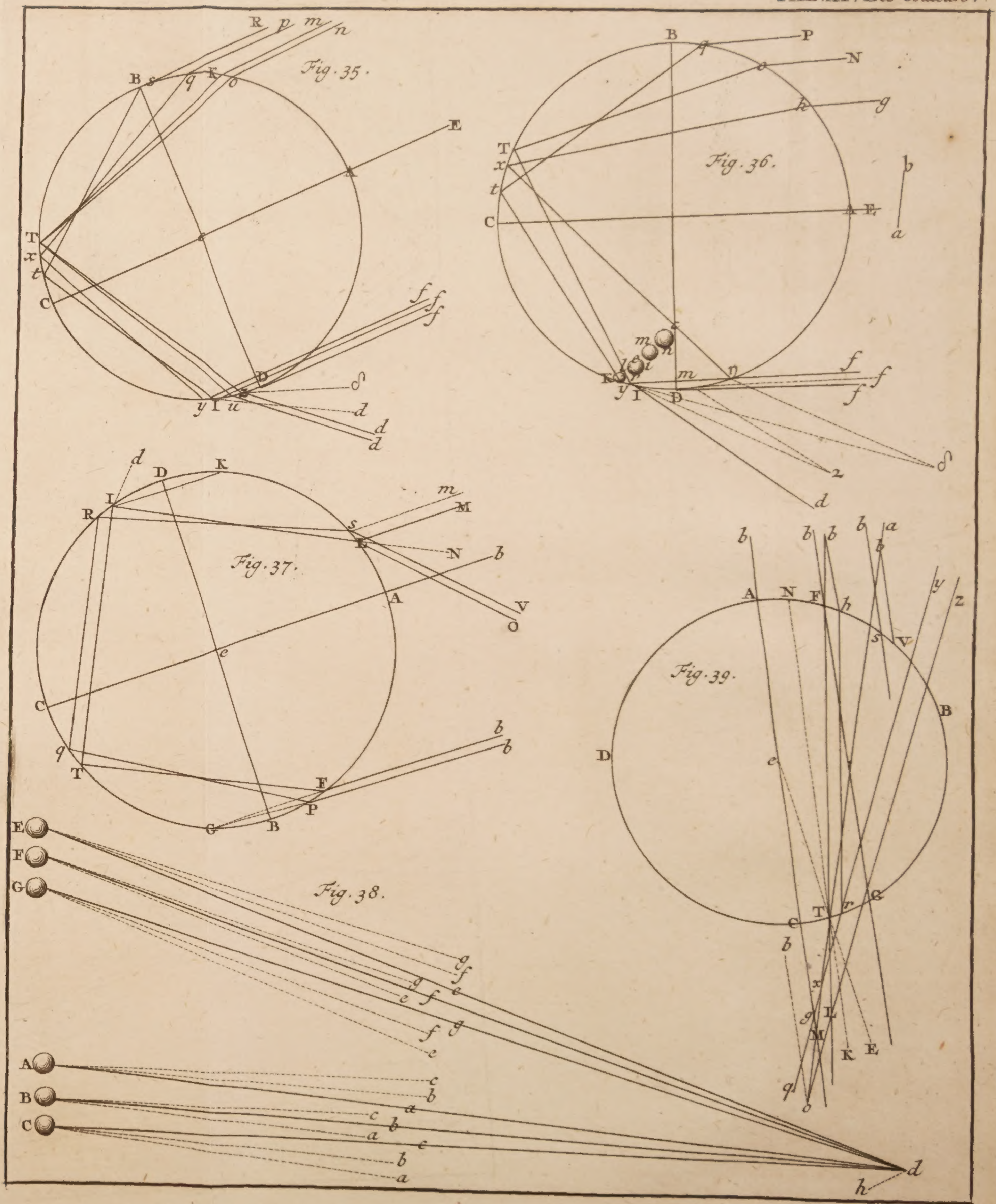


Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.

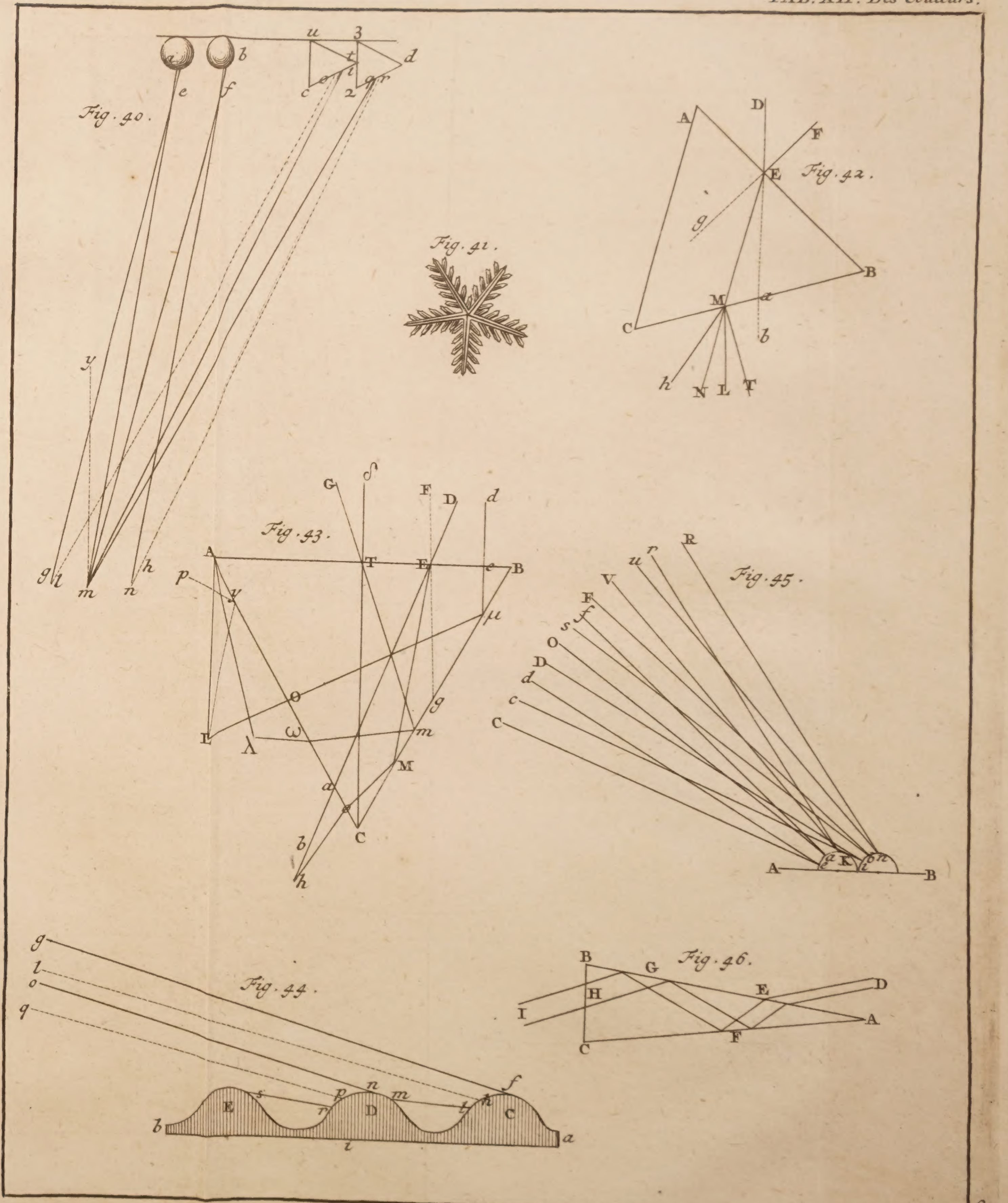


Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.

TABLE
DES
TRAITEZ
qui sont dans ce
TOME SECOND.

Traité du Mouvement des Eaux & des autres Corps Fluïdes ; divisé en V. Parties : Imprimé sur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau. 321

Régles pour les Jets d'Eau. 482

Nouvelle Découverte touchant la Vuë, contenuë en plusieurs Lettres. Nouvelle Edition, revûë & corrigée. 495

Traité du Nivellement, avec la Description de quelques Niveaux nouvellement inventez : Imprimé sur la derniére & la plus compléte Edition, augmentée & corrigée de nouveau. 535

Traité du Mouvement des Pendules, imprimé pour la premiére fois sur le Manuscrit original de l'Auteur écrit à Mr. Huygens. 557

Expériences touchant les Couleurs & la Congélation de l'Eau. 601

Essai de Logique contenant les principes des Sciences, & la maniére de s'en servir pour faire de bons raisonnemens. Divisé en deux Parties. 609

TRAITÉ
DU
MOUVEMENT DES EAUX
ET DES AUTRES
CORPS FLUIDES;

DIVISÉ EN V. PARTIES:

Par feu Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences;

Mis en lumiére par les soins de M. DE LA HIRE, Lecteur & Professeur du Roi pour les Mathématiques, & de l'Académie Royale des Sciences;

Imprimé sur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

PRÉFACE.

Eux qui jusqu'à présent ont écrit des Hydrauliques, nous ont donné chacun en particulier des remarques très-curieuses sur la pesanteur, sur la vitesse, & sur plusieurs autres proprietez des eaux. Le Traité de l'Equilibre des liqueurs de M. Pascal *est un des plus considérables, tant pour les belles découvertes qu'il a faites, que pour les proprietez singuliéres qu'il démontre d'une maniére si claire & si convaincante, que nous ne pouvons pas douter que ce grand Génie n'eût entiérement épuisé cette matiére s'il avoit examiné toutes les parties qui la composent.*

Il y avoit plusieurs années que M. Mariotte *s'appliquoit avec un soin extraordinaire à faire les expériences qui sont dans le Traité de* M. Pascal, *pour voir s'il n'auroit point négligé des circonstances particuliéres qui lui pussent donner lieu de remarquer quelque chose de nouveau. En effet, dans ses expériences il a fait plusieurs observations que l'on ne trouve point dans le petit livre de* M. Pascal, *ni dans les autres qui l'ont précédé; & il se trouva ensuite insensiblement engagé dans la partie de cet ouvrage qui a de plus grandes utilitez, comme la mesure, & ce que l'on appelle la dépense des eaux suivant les différentes hauteurs des reservoirs, & les différens ajutages; il passe ensuite aux précautions qu'on doit prendre pour conduire les eaux, & ayant enfin traité fort au long de la résistance des solides, il parle de la force que doivent avoir les tuyaux pour résister aux différentes charges de l'eau.*

Il eût occasion de faire sur ces parties plusieurs expériences à Chantilly *en présence de* S. A. S. MONSEIGNEUR *le* PRINCE, *où l'abondance de l'eau & la hauteur des réservoirs lui fournissoient tous les moyens nécessaires. Il en fit aussi plusieurs à l'Observatoire en présence de* Mess^{rs}. de l'Académie, *& les ayant mises en ordre, il en composa cet Ouvrage.*

Dans les premiers jours de la maladie dont il mourut, il me pria de vouloir prendre le soin de l'impression de ce Traité, en me laissant la liberté d'y changer & d'y retrancher ce que je jugerois à propos: mais j'ai crû qu'il valoit mieux le donner au public

tel

tel qu'il l'a composé, que d'y apporter du mien. Cependant, si j'avois entrepris d'y changer quelque chose, je ne l'aurois fait qu'en suivant les sentimens de toute l'Académie, *dont il n'auroit pas manqué de prendre lui-même les avis sur les difficultez qu'il y auroit trouvées.*

La moitié de cet Ouvrage étoit assez au net pour être imprimée; mais le reste m'a donné beaucoup de peine à rassembler sur les mémoires qui m'en ont été mis entre les mains après sa mort.

J'ai tâché, autant qu'il m'a été possible, de n'y rien laisser d'obscur ou d'embarassé dans les derniéres parties, & d'y suivre exactement l'ordre qu'il s'étoit proposé: néanmoins je n'ai osé entreprendre d'éclaircir tous les endroits difficiles, de peur de m'écarter de ses pensées, ou de me rendre peut-être moins intelligible que lui.

*J'avois aussi résolu d'ajouter à la fin de cet Ouvrage, des remarques que j'ai faites sur quelques endroits, qui auroient pû y servir d'explication, ou de confirmation, & entr'autres la démonstration par les principes d'*Archiméde *du Problême de* Méchanique *où la proportion ordinaire est renversée, avec quelques observations que j'ai faites sur l'origine des Fontaines, & sur l'élévations des vapeurs; mais j'ai jugé qu'il étoit plus à propos de les donner séparément avec quelques autres Essais de* Physique, *que d'augmenter ce Volume de mes pensées particuliéres.*

Je n'aurois pas differé si long-tems à faire imprimer cet Ouvrage, si je n'en avois été détourné par des occupations d'une très-grande importance, que Monseigneur de Louvois *m'a fait l'honneur de me donner. Il avoit consideré lui-même que la riviére d'*Eure *depuis sa source jusqu'à la rencontre qu'elle fait de la* Seine *vers le* Pont de l'Arche *où remonte le flux de la Mer, ne parcouroit que* 45 *lieuës, & que des mêmes sources de cette riviére il y avoit quelques ruisseaux qui alloient avec une rapidité très-grande rencontrer la riviére d'*Huine*, & ensuite par la* Loire *jusqu'à la Mer à près de* 80 *lieuës de cette source commune; cette rapidité étant connuë d'ailleurs par plusieurs moulins qui vont par dessus: il jugea donc que la riviére d'*Eure *devoit avoir une pente très-considérable, & peu de tems après la mort de Monsieur* Mariotte, *il m'ordonna de niveler la hauteur de cette riviére à l'égard du* Château de Versailles. *Quoique la distance entre ce Château, & l'endroit où l'on pouvoit prendre commodé-*

ment la riviére, fût de plus de 20 lieuës, mes nivellemens faits par différens chemins & rëitérez plusieurs fois se sont trouvez parfaitement d'accord entr'eux, & m'ont fait voir que cette riviére pouvoit être facilement conduite à la hauteur du Château de Versailles; *qu'en la prenant à* Pongoin *à 7 lieuës au dessus de* Chartres, *elle étoit* 110 *piés plus élevée que le rez de chaussée de la plus haute partie de ce Château.*

On doit sans doute préférer les eaux courantes, qui sont conduites dans des aqueducs, à celles qui sont élevées par des machines, puisqu'elles ne sont pas sujettes à être souvent interrompuës par les reparations qu'il faut faire aux conduites, & d'ailleurs l'eau pouvant venir facilement en très-grande abondance: mais comme il y a plusieurs occasions où les machines sont d'une très-grande utilité, & où l'on est même obligé de s'en servir pour l'élévation des eaux; il auroit été à souhaiter que Monsieur Mariotte *nous eût laissé par écrit ses sentimens sur les différentes pompes & autres machines qui sont en usage, ou qui ont été seulement proposées pour cet effet, avec un examen & un calcul de ce qu'elles fournissent chacune en particulier, & quel choix l'on en doit faire suivant les différentes occasions. Il m'avoit souvent parlé de son dessein sur ce sujet, qui devoit faire une des parties de ce Traité; mais je n'en ai rien trouvé dans ses mémoires qui fût en état d'être donné au public. Il avoit changé plusieurs fois l'ordre des parties de cét Ouvrage; mais enfin peu de jours avant sa mort, il m'en donna la division suivante, qui m'a beaucoup servi, & principalement dans les derniéres parties.*

Ce Livre étant rempli d'un très grand nombre d'expériences, & de plusieurs régles qui en sont déduites, avec quelques observations sur ces mêmes régles; j'ai crû qu'il étoit à propos d'y ajouter une table fort ample, afin de pouvoir trouver facilement les endroits où il est parlé de quelque matiére dont on peut avoir besoin dans les occasions.

Tout ce Traité est divisé en V Parties.

La PREMIERE PARTIE *contient trois Discours.*

Le premier *Discours traite de plusieurs propriétez des Corps fluïdes.*

Le second, *de l'origine des Fontaines.*

Le troisiéme, *des causes des Vents.*

La SECONDE PARTIE *contient trois Discours.*

Le

Le premier, *de l'Equilibre des corps fluïdes par la pesanteur.*

Le second, *de l'Equilibre des corps fluïdes par le ressort.*

Le troisiéme, *de l'Equilibre des corps fluïdes par le choc.*

La TROISIE'ME PARTIE *contient quatre Discours.*

Le premier, *des pouces & des lignes dont on mesure les eaux courantes & jaillissantes.*

Le second, *de la mesure des eaux jaillissantes, suivant les différentes hauteurs des réservoirs.*

Le troisiéme, *de la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.*

Le quatriéme, *de la mesure des eaux courantes.*

La QUATRIE'ME PARTIE *contient deux Discours.*

Le premier, *de la hauteur des jets perpendiculaires.*

Le second, *de la hauteur des jets obliques.*

La CINQUIE'ME PARTIE *contient trois Discours.*

Le premier, *des tuyaux de conduite.*

Le second, *de la résistance des solides, de la force des solides, & de la force des tuyaux de conduite.*

Le troisiéme, *de la distribution des eaux.*

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES EAUX ET DES AUTRES CORPS FLUIDES.

PREMIÉRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIETEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS.

PREMIER DISCOURS.

De plusieurs propriétez des Corps Fluïdes.

L'Air & la Flamme sont des Corps Fluïdes. L'Eau, l'Huïle, le Mercure, & les autres liqueurs, sont des corps fluides & liquides. Tout liquide est fluïde ; mais tout fluïde n'est pas liquide. J'appelle liquide, ce qui étant en suffisante quantité, coule & s'étend au dessous de l'air, jusques à ce que sa surface se soit mise de niveau : & parce que l'air & la flamme n'ont pas cette proprieté, je ne les appelle pas liquides, mais seulement fluïdes. La dureté & fermeté est opposée à la fluïdité : ce qui est dur & ferme comme le fer & les pierres, se laisse traverser difficilement par les autres corps ; & quand il a été traversé, ses parties séparées ne se rejoignent point : les corps fluïdes au contraire se laissent traverser aisément, mais ils réünissent aussi-tôt leur parties séparées ; & c'est en quoi consiste la fluïdité. Par cette raison, le sable très-menu peut être appellé fluïde, mais non liquide, parce qu'il ne coule pas sur un plan peu incliné, & que quand on en remplit un vaisseau, les parties supérieures ne se mettent pas de niveau d'elles-mêmes.

L'Eau

L'Eau eſt encore appellée humide par quelques Philoſophes : mais c'eſt proprement ce qui eſt mouillé d'eau qu'on doit appeller humide ; & en ce ſens l'air eſt humide quand il eſt beaucoup rempli de vapeurs aqueuſes. La ſécherefſe eſt oppoſée à l'humidité ; & un linge qu'on appelle humide lors qu'il eſt mouillé, eſt appellé ſec, quand l'eau dont il étoit mouillé eſt évaporée.

L'Eau reçoit ſucceſſivement les conſiſtances différentes de dureté & de liquidité : ſon état naturel eſt d'être glacée ; c'eſt-à-dire, que lors qu'aucune cauſe externe n'agit ſur elle, elle demeure ferme & non liquide.

Elle devient coulante & liquide par une médiocre chaleur, & en même-tems quelques-unes de ſes parties s'élévent en vapeurs, c'eſt à dire, en pluſieurs petites goutelettes ſéparées les unes des autres, & d'une telle petiteſſe qu'on ne peut les appercevoir chacunes à part. On en voit l'expérience quand on jette un charbon allumé dans de l'eau : car on voit d'abord une fumée épaiſſe s'en élever ; mais quand elle s'eſt beaucoup étenduë en s'élevant, & que ces petites parcelles ſe ſont ſéparées les unes des autres, on n'en peut appercevoir aucune.

Les vapeurs quoiqu'épaiſſes ſont quelquefois viſibles & quelquefois inviſibles, ſuivant que leur petites parcelles ſont plus ou moins menuës, ou plus ou moins agitées. Lors qu'elles ſont viſibles & proches de la terre, on les appelle des brouillards ; & quand elles ſont élevées en haut, on les appelle des nuées. Il s'éléve davantage de vapeurs à une grande chaleur qu'à une médiocre ; mais il ne laiſſe pas de s'en élever à une très-petite chaleur, car même il en ſort de l'eau glacée. J'ai obſervé que deux livres de glace diminuoient de poids pendant un très-grand froid d'environ deux gros par jour ; d'où l'on peut inférer, que l'eau commençant à être glacée, conſerve encore quelque peu de chaleur, de même que le plomb en conſerve encore beaucoup lors qu'il commence à ſe durcir après avoir été fondu.

Il y a quelque parties étrangéres & hétérogénes dans l'eau, leſquelles ſe transforment en air, par une grande chaleur. On l'expérimente lors qu'on met un vaiſſeau plein d'eau ſur le feu ; car on voit ſe former au fond du vaiſſeau, & enſuite s'élever au deſſus de l'eau, pluſieurs petites bulles d'air. On ne doit point croire qu'elles procédent de la flamme qui pourroit paſſer au travers du vaiſſeau, puiſque l'huile ne pouſſe point de ces petites bulles d'air, lorſqu'on l'a laiſſée un peu de tems ſur le feu pour faire évaporer ce qu'elle a de plus aqueux, encore même qu'on augmente le feu enſuite.

Il ſe forme auſſi de ſemblables bulles dans l'eau lors qu'elle ſe géle : & parce que cette matiére hétérogéne, que j'appelle matiére aërienne, occupe plus de place quand elle eſt réduite en bulles d'air, elle fait effort pour s'étendre, & ne trouvant point d'iſſuë au travers de la glace, elle la fait rompre, & même les vaiſſeaux qui la contien-

nent,

nent, s'ils ſont plus étroits au deſſus que vers le milieu.

Pour expliquer d'où vient que cette matiére qui eſt dans l'eau tient plus de place quand elle ſe remet en air, on peut ſuppoſer que l'air eſt un amas d'une infinité de petits filamens entortillez & mêlez l'un dans l'autre comme de petits filamens de cotton. Or ſi l'on trempe dans un verre à demi plein d'eau un petit amas de cotton preſſé, il occupera au commencement une place ſelon ſa groſſeur, & il fera élever l'eau vers le deſſus du verre conſidérablement; mais ſi l'on ſépare peu à peu les petits filamens du cotton, en ſorte que l'eau puiſſe ſe couler par tous leurs intervalles, alors la ſurface ſupérieure de l'eau redeſcendra à peu près à la même marque où elle étoit avant qu'on y eût mis le cotton.

Par cette expérience on connoitra, que l'air ſe peut inſinuer peu à peu dans l'eau, & y tenir beaucoup moins de place que lorſqu'il y eſt en petites bulles; & que lorſqu'après avoir été mêlé & comme abſorbé dans l'eau, il ſe remet en petites bulles par le mouvement que la chaleur lui donne ou par quelques autres cauſes, il tient beaucoup plus de place qu'auparavant.

On connoit que l'air s'inſinuë dans l'eau, par l'expérience ſuivante. Faites bouillir de l'eau deux ou trois heures durant, & après qu'elle ſera refroidie, empliſſez en une petite bouteille de verre; fermez ſon goulet avec le doigt & le trempez dans un verre plein d'eau, faiſant en ſorte qu'il y ait de l'air gros comme une noiſette au haut de la bouteille renverſée; Vous remarquerez que dans 24 heures cet air diſparoitra. Remettez y de même une autre bulle d'air auſſi groſſe; elle entrera encore peu à peu dans l'eau, mais il faudra plus de tems pour l'abſorber toute entiére: on y en pourra faire entrer encore pluſieurs autres de même groſſeur l'une après l'autre; mais enfin quand l'eau en ſera ſuffiſamment imprégnée, il n'y en entrera plus, & une petite bulle d'air de deux lignes de diamétre ſe tiendra au deſſus de la bouteille plus de 15 jours ſans y entrer. Cet effet ſe remarque encore plus ſenſiblement dans l'eſprit de vin: Car ſi l'on en met dans la machine du vuide un verre à demi plein, il ſortira une très-grande quantité de cette matiére aërienne en groſſes bulles dès qu'on aura pompé une bonne partie de l'air enfermé dans le récipient, mais dans peu de tems il n'en ſortira plus: & ſi l'on emplit une petite bouteille de cet eſprit de vin dont la matiére aërienne ſera ſortie, & qu'on y laiſſe entrer de l'air gros comme le pouce pour le faire demeurer au haut de la bouteille après qu'on l'aura renverſée dans d'autre eſprit de vin, comme il a été dit ci-deſſus de l'eau bouillie, cet air s'inſinuëra dans l'eſprit de vin en moins de deux heures; & ſi l'on y en remet une pareille quantité juſques à 2 ou 3 fois, il y entrera encore: mais ſi l'on met cette bouteille dans la même machine du vuide, cet air qui s'étoit comme diſſous, & mélé inviſiblement dans l'eſprit de vin, en reſſortira en groſſes bulles, dès qu'on aura un peu pompé l'air du récipient: ce qui fait voir manifeſtement que c'eſt

c'eſt du véritable air qui ſort de l'eau & de pluſieurs autres liqueurs quand on les fait geler, ou bouillir, ou qu'on diminuë par le moyen de la machine du vuide, le reſſort de l'air qui les preſſe; ce que j'ai expliqué plus au long dans le Traité de la *Nature de l'Air*.

J'ai connu ce qui arrive à l'eau quand elle ſe géle, par les expériences ſuivantes.

J'ai mis pendant un très-grand froid dans un vaiſſeau cylindrique de ſept ou huit pouces de hauteur & de ſix pouces de largeur, de l'eau qui étoit déja aſſez froide, juſques à deux pouces près du bord, & je conſidérai attentivement tout le progrès de la gelée. Il ſe fit d'abord une petite congélation dans la ſurface ſupérieure de l'eau, de petites lames longuettes & crénelées ayant entre elles des intervalles non gelez, leſquels ſe gelérent auſſi peu à peu, à la reſerve d'un petit endroit vers le milieu qui n'étoit point encore gelé; quoique le reſte de la ſurface le fût déja de plus de deux lignes d'épaiſſeur. Je remarquai que dans le fond & contre les côtez du vaiſſeau il ſe faiſoit de petites bulles d'air dans la glace qui commençoit à s'y former; quelques-unes s'élevoient en haut, & les autres demeuroient engagées dans la glace: ce qui me fit juger que ces petites bulles venant à occuper plus de place dans l'eau que quand leur matiére y étoit comme diſſoute, elle pouſſoit un peu d'eau par le trou qui étoit au deſſus, de la même maniére qu'un tonneau étant plein de vin nouveau il en ſort un peu par le trou du bondon quand le vin commence à s'échauffer; & le peu d'eau qui ſortoit par ce petit trou ſe répandant ſur ce qui en étoit proche & qui étoit déja gelé, ſe geloit auſſi, & commençoit à y former une élévation de glace: & ce trou demeurant toujours ouvert par l'eau qui y paſſoit ſucceſſivement, étant pouſſée par les nouvelles bulles d'air qui ſe faiſoient dans la glace, laquelle continuoit à s'augmenter peu à peu vers les côtez du vaiſſeau & vers le fond; j'obſervai que la ſurface ſupérieure de l'eau étoit déja gelée de plus d'un pouce d'épaiſſeur vers les bords du vaiſſeau, & de plus d'un pouce & demi à l'entour & proche le petit trou, avant que l'eau qui y étoit comme dans un petit canal fût gelée: mais enfin elle ſe gela, & alors le milieu de l'eau n'étant point encore gelé, & l'eau pouſſée par les nouvelles bulles qui continuoient à ſe former pendant deux ou trois heures, ne trouvant plus d'iſſuë par le petit trou, la glace ſe rompoit tout à coup vers le haut par l'effort de cet air enfermé. Je fis une ſeconde expérience, en laquelle, après que la glace eût environ deux pouces d'épaiſſeur, je fis chauffer les bords du vaiſſeau pour faire fondre l'extérieur de la glace, & je la tirai par ce moyen toute entiére hors du vaiſſeau, ſans que l'eau qui étoit encore au milieu de la glace ſe renverſât. Je mis cette glace à l'air pour achever de faire geler le reſte de l'eau, & trois ou quatre heures après elle ſe rompit, & je trouvai que dans le milieu il y avoit un vuide de la groſſeur d'un pouce & demi de diamétre, d'où étoit ſorti le

Tt reſte

reste de l'eau qui n'étoit pas encore gelé & qui remplissoit cet espace. Je fis une troisiéme expérience, dans laquelle, après avoir tiré de la même maniére la glace hors du vaisseau, je perçai avec une grande épingle l'endroit du petit trou qui s'étoit gelé, & où la glace étoit plus élevée d'un pouce qu'au reste, par l'eau qui s'étoit répanduë près du petit trou & s'y étoit gelée; il se fit un petit jet d'eau par le trou qu'avoit fait l'épingle après que je l'eûs retirée, & l'eau se gela de nouveau dans le trou. Je continuai à percer cet endroit de tems en tems jusques à ce que l'eau fût toute gelée. J'exposai ensuite cette glace à l'air froid pendant toute la nuit sans qu'elle se rompît; ce qui me fit connoître manifestement, que la rupture de la glace dans les expériences précédentes procedoit de la force du ressort des bulles d'air. Le milieu de cette glace étoit mêlé à peu près d'autant d'air que de glace, & il y avoit bien moins de bulles à proportion vers l'extérieur de la glace. Si l'on fait bouillir l'eau pour en faire sortir la matiére aërienne avant que de l'exposer à la gelée, il se fera de la glace jusques à deux ou trois pouces d'épaisseur, qui n'aura point de bulles visibles, & sera parfaitement transparente & propre à faire le même effet pour brûler au Soleil que les verres convexes: Voici la maniére de rendre cette glace convexe. Ayez un petit vaisseau creux en demi sphére, dont le diamétre soit d'un demi pié; mettez y un fragment de cette glace transparente, & la mettez sur un peu de feu pour en faire fondre l'extérieur; vous verserez l'eau par inclination à mesure que l'extérieur de la glace se fondra: retournez-la de l'autre côté & la faites fondre de même, jusques à ce qu'enfin elle ait pris une figure convexe des deux côtez, bien polie & uniforme; alors si le Soleil luit, elle fera à peu près le même effet pour brûler du papier noirci ou de la poudre à canon, comme si c'étoit un verre convexe. Quelques-uns ont cru que l'eau bouillie se geloit plus aisément que l'autre: mais en ayant mis de l'une & de l'autre également dans deux verres égaux, & ayant fait ensorte qu'elles fussent refroidies également avant que de les exposer à la gelée; je ne pûs jamais remarquer qu'elles gelassent plutôt l'une que l'autre.

Dans les endroits des Riviéres où l'eau est dormante, il s'y amasse de la bouë dont il sort beaucoup d'air quand on marche dessus, ou qu'on y fourre un bâton; soit que cet air s'y forme peu à peu de la matiére aërienne qui se trouve dans l'eau de la Riviére, soit qu'il procéde de ce que l'eau descendant par de petits canaux au dessous de son lit, fait élever l'air qui s'y trouve, lequel rencontrant la bouë s'y arrête. Outre la matiére aërienne qui se trouve dans l'eau, il y en a une autre qui peut être appellée matiére fulminante, que j'ai reconnuë par plusieurs expériences, comme celle que je raporte ici. Mettez dans un petit vaisseau de cuivre ou d'étain, une grosse goute d'eau, & de l'huile au dessus jusques à un pouce de hauteur; mettez une chandelle allumée au dessous du vaisseau à l'endroit où est la goute d'eau: vous ver-

verrez qu'il en sortira de petites bulles d'air pendant un certain tems, & qu'ensuite il n'en sortira plus ou très-peu ; mais quand l'huile sera échauffée, il se fera des fulminations dans la goute d'eau, qui feront sauter une partie de l'huile en haut, & pourront séparer la goute d'eau en deux ou trois parties. Cet effort peut proceder de quelques parcelles de sels ou d'autres matiéres inconnuës dissoutes dans l'eau, lesquelles ayant atteint un certain degré de chaleur se dilatent tout à coup comme fait l'Or fulminant.

L'analogie qui est entre l'huile & l'eau, est que l'huile s'affermit & se géle par un grand froid, mais moins fortement que l'eau ; qu'elle devient coulante à une médiocre chaleur ; qu'une grande chaleur la fait élever en fumée & en exhalaisons semblables à peu près en consistance aux vapeurs qui sortent de l'eau ; & enfin, que ces fumées, du moins leurs plus subtiles parties, se changent en flamme par une très-grande chaleur.

L'Air, le Mercure, & l'Eau où il y a beaucoup de sel commun dissous, ne se gélent pas, ni ne deviennent pas durs au froid, non plus que l'esprit de salpêtre, l'esprit de vitriol, & les autres eaux fortes ; mais ces matiéres demeurent toujours liquides & coulantes : les eaux fortes s'élévent aussi en vapeurs par la chaleur.

Le Mercure, l'Eau, l'Huile, le Vin, l'Esprit de vin & les autres liqueurs, se dilatent par la chaleur, & se condensent par un médiocre froid, sans qu'il paroisse pourtant qu'aucun air y soit mélé ou qu'il en sorte aucunes bulles. Mettez de l'huile dans une bouteille qui ait le goulet long & étroit, & la chauffez médiocrement ; elle montera peu à peu dans le goulet, & en se refroidissant elle descendra jusques à la pomme sans qu'il y paroisse entrer ou sortir de l'air : & même si la bouteille étant toute pleine d'huile médiocrement chaude, on la renverse en la soutenant avec le doigt, & qu'on trempe le bout dans de l'eau froide jusques à la moitié du goulet, l'huile se refroidissant quittera le goulet qu'elle occupoit, & l'eau y montera ; mais si on chauffe de nouveau médiocrement la bouteille, l'huile redescendera & chassera l'eau sans qu'il paroisse s'y former aucunes bulles d'air. Cet effet est très-sensible dans l'esprit de vin dont on remplit les Thermométres de verre scellez hermétiquement ; car quand il fait bien froid, l'esprit de vin descend jusques à la pomme, & dans le grand chaud il monte jusques au haut du tuyau, quoiqu'il soit de plus de deux piés de hauteur. J'ai vû des Thermométres pleins de mercure au lieu d'esprit de vin, qui faisoient à peu près le même effet.

Le mercure ne s'éléve en vapeurs qu'à une grande chaleur. J'ai tenu pendant deux ans une petite bouteille où il y avoit environ une livre de mercure, dans un cabinet où le Soleil luisoit pendant l'Eté ; j'y trouvai sensiblement le même poids au bout de ce tems-là : mais si on en met dans un assez grand feu, il s'éléve tout en vapeurs invisibles, les-

quelles étant reçûës dans un alambic, se remettent en mercure coulant & liquide comme avant leur évaporation.

On remarque dans l'eau une espéce de viscosité, qui attache ses parties l'une à l'autre, & à quelqu'autres corps, comme au bois & au verre bien net, en sorte qu'une goute d'eau assez grosse demeure suspenduë au verre & au bois sans tomber; & lors qu'on en verse dans un verre bien net sans l'emplir entiérement, elle s'éléve joignant le verre au dessus de son niveau jusques à plus d'une ligne & demi: & quoiqu'on ne puisse bien dire en quoi consiste cette viscosité, il est constant que ces effets se font toujours; ainsi deux goutes d'eau séparées se joignent ensemble & ne font plus qu'une seule goute aussi-tôt qu'elles viennent à se toucher tant soit peu. La même chose arrive à deux goutes de mercure, à deux goutes d'huile posées doucement sur de l'eau en les approchant l'une de l'autre; & même on voit que les petites bulles d'air qui sont au fond d'un plat plein d'eau quand il a été sur le feu, se joignent à celles qui leur sont voisines si on les pousse l'une contre l'autre avec une épingle ou autrement. J'ai vû une fois rouler le long d'une table de pierre polie, un peu de mercure de la grosseur d'un pouce: il rencontra un petit creux dans la table, où une petite partie du mercure entra, & le reste continuant de couler fut sur le point de se séparer du peu qui étoit dans le creux, ce qui les joignoit n'ayant plus qu'environ deux lignes de largeur; mais cette viscosité qui lie ensemble les parties du mercure l'empêcha, & ce qui étoit passé se raprocha de la partie qui étoit dans le creux, & tout le mercure s'arrêta dessus & à l'entour. Pour expliquer en quelque façon cette viscosité, on pourroit dire que chacune de ces matiéres ont leur petites parties en perpétuel mouvement, & que celles de chaque espéce ont de certaines figures propres à s'acrocher & à se lier les unes aux autres, & qu'elles s'embarassent & s'acrochent nécessairement par leur mouvement dès que elles se touchent. Il y a une autre cause qu'on pourroit conjecturer; savoir, que l'air ayant une vertu de ressort réduiroit ces corps fluïdes au plus petit espace qu'ils peuvent occuper, qui est la figure sphérique: mais il pourroit aussi bien réduire en un globe seul une goute de mercure & une goute d'eau, & même cette cause n'auroit point de lieu dans la machine du vuide lorsqu'on a pompé l'air qui est dessous un récipient, car ce qui en reste n'a plus de ressort considérable; & cependant les goutes d'eau & celles de mercure se joignent ensemble & prennent une rondeur dans cet air extrémement rarefié de la même maniére que dans l'air commun. Dans ces doutes on pourra se contenter de prendre pour principe d'expérience, que les fluïdes de même nature sont disposez à se joindre ensemble aussi-tôt qu'ils se touchent; & l'on appellera cet effet, si l'on veut, mouvement d'union. Il y a aussi de certains corps où l'eau ne s'attache point ou très-difficilement, comme la graisse, les feuilles de choux non maniées, les plumes de

cignes & canars ; & elle s'y met en petites boules, ou si elle y est en grande quantité elle se met en rondeur aux extrémitez, le reste demeurant de niveau. Le mercure ne s'attache ni au verre ni au bois ni à la pierre, & c'est ce qui lui a donné le nom de vif-argent ; car lorsqu'il est en petite quantité il roule sur ces matiéres par sa pesanteur, jusques à ce qu'il rencontre de petits creux qui le retiennent : mais il s'attache facilement à l'étain, à l'or, & à quelques autres métaux, & même il s'y imbibe de maniére qu'il en discontinuë les parties & ne compose plus qu'un corps avec elles ; c'est ce que les Chimistes appellent *amalgamer*.

SECOND DISCOURS.

De l'origine des Fontaines.

LES vapeurs aqueuses qui s'élévent des mers, des riviéres, & des terres humides, étant arrivées à la moyenne région de l'air, & y ayant formé des nuées, s'y refroidissent ; & elles ne peuvent pas monter plus haut, parce qu'elles rencontrent un air moins condensé que celui qui est proche de la terre, & cet air étant moins pesant qu'elles ne les sauroit soutenir. Ces vapeurs étant agitées par les vents se rencontrent les unes les autres & s'attachent ensemble, & de plusieurs petites goutes imperceptibles il s'en fait d'assez grosses qui commencent à peser plus que l'air qui est au dessous, & en descendant peu à peu elles en rencontrent d'autres plus petites, d'où il arrive qu'elles se grossissent successivement, & par ce moyen elles deviennent enfin des goutes de pluië. Celles qui viennent des nuées fort hautes sont les plus grosses, parce qu'elles ont plus d'espace pour se grossir ; & *Aristote* s'est trompé quand il a soutenu le contraire : la raison qu'il en donne est, que si l'on jette un seau d'eau par une fenêtre fort élevée, elle se divise en de plus petites goutes que si l'on ne l'avoit pas jettée de si haut : mais cette comparaison est trompeuse : car il est bien vrai qu'une goute grosse comme le pouce, tombant plus vîte par l'air qu'une fort petite, se sépare facilement en deux ou trois parties par le choc de l'air, principalement quand il fait un grand vent ; & ainsi les plus grosses goutes ne sont ordinairement que d'environ trois lignes de largeur, & lorsque deux ou trois de ces goutes se joignent ensemble elles se séparent incontinent après ; mais elles ne peuvent arriver à cette grosseur de trois lignes de diamétre qu'après s'être jointes plusieurs ensemble, & on voit tomber souvent quand les brouillards s'épaississent, de très-petites goutes de pluië qu'on ne peut bien discerner que quand il y a quelque objet noir par derriére.

Puis donc que la pluië en son commencement est très menuë, il est

évident qu'il faut qu'elle tombe de fort haut pour se grossir; & c'est par cette raison que les pluiës d'hiver sont ordinairement fort menuës, parce que les nuës ne s'élévent alors qu'à une petite hauteur. J'ai observé que l'air étant couvert de grosses nuës & faisant une pluië fort épaisse avec de grosses goutes au bas d'une montagne fort haute, les goutes étoient moindres à mesure que je montois au haut de la montagne, & quand je fus presque au plus haut la pluië étoit très-menuë; j'étois alors dans un brouillard qui m'avoit paru une nuée quand j'étois au bas de la montagne.

Une seule nuée poussée par des vents impétueux peut donner de la pluië successivement par une espace de plus de cinquante lieuës; ce qu'on a remarqué souvent par les dégâts que fait la grêle qui se forme dans une seule nuée.

Les pluiës étant tombées pénétrent dans la terre par de petits canaux qu'elles y trouvent: ce qui fait que lorsqu'on creuse la terre un peu profondément on rencontre d'ordinaire de ces petits canaux, dont l'eau s'assemblant au fond de ce qu'on a creusé fait l'eau des puits. Mais l'eau des pluiës qui tombent sur les colines & sur les montagnes, ayant pénétré la surface de la terre, principalement quand elle est legére & mélée de cailloux & de racines d'arbres, rencontre souvent de la terre glaise, ou des rochers continus le long desquels elle coule ne les pouvant pénétrer, jusques à ce qu'étant au bas de la montagne ou à une distance considérable du sommet, elle ressort à l'air & forme les fontaines: cet effet de la nature est aisé à prouver. Car premiérement, l'eau des pluiës tombe toute l'année en assez grande abondance pour entretenir les fontaines & les riviéres, comme on le fera voit ensuite par le calcul: secondement, on remarque tous les jours que les fontaines augmentent ou diminuënt à mesure qu'il pleut ou qu'il ne pleut pas, & s'il se passe deux mois entiers sans pleuvoir considérablement, elles diminuënt la plupart de la moitié; & si la séchéresse continuë encore deux ou trois mois, la plupart tarissent & les autres diminuënt des $\frac{2}{3}$ ou des $\frac{3}{4}$; d'où l'on peut conclure, que s'il cessoit un an entier de pleuvoir, il ne resteroit que fort peu de fontaines, dont la plupart seroient très-petites, ou qu'elles cesseroient toutes entiérement.

Les grandes riviéres, comme la *Seine*, diminuënt souvent à la fin de l'Eté de plus des $\frac{4}{5}$ de la grandeur qu'elles ont après les grandes pluiës, quoique la séchéresse ne dure pas trois mois de suite: & s'il y a quelques fontaines qui ne diminuënt que de la moitié ou du tiers, cela procéde de ce qu'elles ont de grands réservoirs qu'elles ont creusé dans les rochers, en ayant emporté les terres & ne s'étant fait que de petites issuës; d'où vient qu'elles ne croissent pas tant que les autres par les pluiës continuelles. Quelques Philosophes apportent une autre cause de l'origine des Fontaines, savoir qu'il s'éléve des vapeurs du profond de la terre, lesquelles rencontrant des Rochers au haut des montagnes en for-

me

me de voûtes, s'y réduisent en eau comme dans le chapiteau d'un alambic, & que cette eau coule ensuite au pié ou dans le penchant des montagnes. Mais cette hypotèse se peut difficilement soutenir: car si ABC est une voûte dans une montagne DEF, il est manifeste que si les vapeurs se réduisoient en eau dans le concave de cette surface ABC, elle tomberoit perpendiculairement vers HGI & non vers L ou M, & par conséquent elle ne feroit jamais aucune fontaine: d'ailleurs, on nie qu'il y ait beaucoup de telles cavernes dans les montagnes, & on ne sçauroit les faire voir: que si on dit qu'il y a de la terre à côté & au dessous de ABC, on répondra que les vapeurs s'échaperont à côté vers A & C & qu'il s'en resoudra fort peu en eau; & parce qu'on voit presque toujours de la terre glaise où il y a des fontaines, il est très vrai-semblable que ces prétenduës eaux alambiquées ne pourroient passer au travers, & par conséquent que les fontaines ne peuvent pas être produites par cette cause. TAB. XIII. Fig. 1.

Quelques Auteurs raportent que des Fontaines ont cessé de couler pour avoir donné jour à de grandes concavitez souterraines, d'où il étoit sorti une grande quantité de vapeurs qui se resoudoient en eau dans ces cavernes: on peut répondre à cela que ces histoires sont suspectes: on ne nie pourtant pas qu'il n'y puisse avoir de telles dispositions dans le haut d'une montagne, principalement dans celles qui sont couvertes de neige, que les vapeurs qui se condenseroient par la rencontre d'un grand lit de pierre comme dans un alambic, pourroient former quelque petit filet d'eau qui sortiroit à côté; mais cela est très difficile à rencontrer, & on n'en pourroit tirer de conséquence pour les autres Fontaines.

On objecte encore que les pluiës de l'Eté, quoique très-grandes, n'entrent dans la terre que d'environ un demi pié, ce qu'on peut remarquer dans les jardins & dans les terres labourées: je demeure d'accord de l'expérience: mais je soutiens que dans les terres non cultivées & dans les bois il y a plusieurs petits canaux qui sont fort près de la surface, dans lesquels l'eau de la pluië entre; & que ces canaux sont continuez jusques à une grande profondeur, comme on le voit dans les puits creusez profondément; & que quand il pleut dix ou douze jours de suite, à la fin le dessus des terres labourées s'humecte entiérement, & le reste de l'eau passe dans les petits canaux qui sont au dessous, & qui n'ont pas été rompus par le labourage.

On voit dans les caves de l'Observatoire Royal de *Paris* plusieurs goutes d'eau qui tombent du haut des voûtes naturelles de pierre qui y sont. Mais il est aisé de remarquer qu'elles ne procédent pas des vapeurs; car on les voit toujours couler par quelques fentes ou par quelques petits trous du Rocher, les autres endroits demeurant secs ou fort peu humides, & cela arrive après de grandes pluiës: il y a même un endroit où est la plus grande voûte, où il distile en tout tems beaucoup de goutes d'eau;

d'eau; mais elles procédent d'un amas d'eau qui eſt directement au deſſus.

Il y a des carriéres en pluſieurs endroits dont le haut eſt en forme de voûte, & il n'y a que vingt ou trente piés de terre au deſſus, où l'on peut remarquer que les petits égoûts d'eau qui s'y font, paſſent par de petites fentes entre les lits de pierre, & qu'ils procédent des pluïes, parce qu'ils ne paroiſſent qu'après de grandes pluïes, & qu'ils ne durent que quinze jours ou trois ſemaines après qu'il a ceſſé de pleuvoir; & on peut facilement juger que les autres écoulemens des fontaines ſe font de la même ſorte.

L'Eté de l'Année 1681. fut très-ſec en *France*, ce qui fit tarir la plupart des puits & des fontaines en beaucoup d'endroits; & quoiqu'il fit un aſſez grand froid à la fin d'Octobre & au commencement de Novembre, les eaux continuérent à diminuer, ce qu'elles n'euſſent pas fait s'il ſe fût formé de l'eau par les vapeurs élevées des lieux ſouterrains & condenſées par le froid de la ſurface de la terre. Il y a un creux dans les Caves de l'Obſervatoire, où il y avoit toujours de l'eau depuis l'année 1668. juſques en 1681: mais la ſéchereſſe de cette année la fit deſſécher entiérement, & il n'y en avoit pas encore une ſeule goute en Février 1682. quoiqu'il eût beaucoup plû pendant pluſieurs jours au commencement de ce mois; & l'Eté ſuivant ayant été fort pluvieux, l'eau n'y revint pourtant point au mois de Septembre, ni même pendant les deux années ſuivantes.

Si l'on jette ſur un terrein ferme & difficile à être pénétré par l'eau, une grande quantité de pierres, de ſable & de plâtras mêlez de terre, juſques à dix ou douze piés de hauteur; il ſe fera une petite fontaine au lieu le plus bas qui coulera toujours, ſi ce terrain eſt de la grandeur d'un arpent ou de deux.

J'ai vû cet effet dans une place où l'on avoit amaſſé des plâtras de la hauteur d'environ trois piés: elle contenoit en ſurface un peu moins de 500 toiſes: il arrivoit que les eaux des pluïes qui tomboient ſur cette place & ſur les toits des maiſons voiſines, étoient retenuës par ces plâtras, & ne paſſoient que peu à peu à travers; & ne pouvant pénétrer le pavé & le terrain ferme qui étoit au deſſous, elles ſe rendoient enfin vers un endroit le plus bas où il ſe faiſoit un petit filet d'eau continuel.

Quelquefois les terres des montagnes ſont diſpoſées de telle ſorte que les eaux qui y entrent peuvent reſſortir à l'air & couler entre deux terres ou entre la terre & les rochers; & alors on ne peut les découvrir qu'en faiſant des tranchées à mi-côte aſſez profondes, & il arrive ſouvent qu'on ramaſſe des eaux en raiſonnable quantité par cette maniére, comme on l'a pratiqué en pluſieurs endroits.

Il y a quelques Fontaines qui viennent du milieu des montagnes; & elles ſe font lors que les eaux des pluïes ayant trouvé paſſage par les terres ſablonneuſes & par les fentes des rochers juſques aux deux tiers ou aux trois quarts de l'intérieur de la montagne, il s'y trouve un fond con-

continu de terre glaise très-dure, ou quelques lits de pierre continuë, où l'eau s'arrête & s'amasse jusques à une hauteur considérable, laquelle faisant effort de tous côtez par sa pesanteur, fait enfin quelques ouvertures vers le bas de la montagne par quelques fentes des rochers. Ces sortes de Fontaines dûrent plus que les autres pendant les grandes sécheresses, & peuvent être chargées de divers sels & d'autres matiéres qui s'y dissoudent.

On voit quelquefois des Fontaines bien élevées dans le haut des montagnes, & quelques-uns soutiennent qu'elles sont au plus haut lieu. J'ai remarqué une de ces Fontaines dans une montagne à deux lieuës de *Dijon*: elle donne beaucoup d'eau: & quand on en est fort près, on ne voit qu'environ quarante piés de hauteur de terrein au dessous, dont la pente est très-roide; mais si l'on regarde de loin cette montagne, on la voit s'étendre par une pente assez sensible, jusques à plus de cinq cens toises de longueur & deux cens de largeur. Or en cet espace il tombe assez d'eau des pluiës pour entretenir cette fontaine, comme il sera prouvé ensuite.

Il y a des lacs au dessus de quelques montagnes qui donnent de petits ruisseaux: cela peut arriver, parce qu'il y a des terres à l'entour du lac plus élevées que le niveau de l'eau & d'une grande étenduë. M. *Cassini* m'a dit avoir vû en *Italie* un assez grand lac au dessus d'une haute montagne où il y avoit deça & delà des élévations de terre de plus d'une demi lieuë de longueur, qui étoient souvent couvertes de neiges, dont les écoulemens avec celui des eaux des pluiës pouvoient aisément entretenir le lac, qui doit avoir un terrein très-ferme au dessous, ou des rochers continus; il y fait ordinairement très-froid, c'est pourquoi cette eau ne s'exhale pas considérablement.

Il y a une Fontaine au *Mont-Valérien*, à deux lieuës de *Paris*, à peu près de même. Le terrein qui la produit a environ cent toises de longueur, & cinquante de largeur: elle est auprès d'une maison, environ au tiers de la hauteur de la montagne. Il y a encore plusieurs autres endroits du même côté, dans lesquels on trouve de l'eau: & on y fait de petites fontaines coulantes, en creusant la terre de sept ou huit piés de hauteur; car si après avoir trouvé l'eau on continuë l'ouverture horisontalement tirant vers le bas jusques à ce qu'on ait gagné la hauteur du terrein, on aura une petite fontaine qui ne tarira que rarement. Il y a de l'autre côté de la même montagne, tout au plus bas, une assez belle Fontaine qui ne tarit point. Il y en a aussi trois ou quatre à *Mont-Martre*: la plus élevée est environ à 50 piés au dessous du haut de la montagne: le terrein qui produit la plus grande, n'a qu'environ 300 toises de longueur & 100 de largeur; elle ne donne aussi que très-peu d'eau, même après les grandes pluiës: les deux autres n'en donnent pas chacune le quart de la grande, & ne coulent qu'après de très-grandes pluiës.

La ville de *Langres* eſt ſituée à l'extrémité d'une éminence fort élevée, laquelle continuë dans la même hauteur juſques à une lieuë de longueur avec une médiocre largeur. Il y a une autre montagne vis-à-vis, de même hauteur & longueur à peu près, & de plus d'un quart de lieuë de largeur. Entre ces deux montagnes il y a un grand valon, où coule un aſſez grand ruiſſeau ou petite riviére qui procéde de pluſieurs fontaines qui ne ſont pas beaucoup éloignées du ſommet de ces montagnes: & il eſt aiſé de juger qu'elles ſont produites par les eaux des pluïes qui tombent ſur les plaines qui ſont au haut, & qui ont un terrein fort ſpacieux; il en vient davantage de celle qui a le plus d'étenduë en largeur.

Toutes les autres Fontaines ſont à peu près ſemblables à celle-là, & doivent avoir des hauteurs conſidérables au deſſus de leur ſortie. Il y a une campagne à ſix lieuës de *Paris*, entre la valée de *Palaizeau* & celle de *Marcouſſi*, qui a plus de deux lieuës de longueur & une de largeur, où l'on voit des marres en quelques endroits, qui ne ſont ſurmontez que de cinq ou ſix piés par les lieux les plus élevez: mais le terrein y eſt très-dur à deux où trois piés de profondeur, particuliérement proche le Château de *Baurегard*, où il y a trois ou 4 de ces mares; & ce terrein eſt tellement impénétrable à l'eau, que pour y faire une conduite d'eau, on s'eſt contenté de creuſer un petit foſſé à deux ou trois piés de profondeur, & le remplir de pierres ſans mettre aucun ciment au fond.

On pourroit objecter qu'il ne tombe pas aſſez d'eau en toûte l'année pour fournir aux grandes riviéres qui ſe déchargent dans la mer.

Pour reſoudre cette difficulté, je me ſers d'une expérience qui a été faite à ma priére il y a ſept ou huit ans à *Dijon* par un très-habile homme & très-exact dans ſes expériences. Il avoit mis vers le haut de ſa maiſon un vaiſſeau quarré qui avoit environ deux piés de diamétre, au fond duquel il y avoit un tuyau qui portoit l'eau de la pluïe qui y tomboit, dans un vaiſſeau cylindrique, où il étoit facile de la meſurer toutes les fois qu'il pleuvoit: Car quand l'eau étoit dans ce vaiſſeau cylindrique, il s'en exhaloit fort peu pendant cinq ou ſix jours. Le vaiſſeau de deux piés étoit ſoutenu par une barre de fer qui s'avançoit de plus de ſix piés au delà de la fenêtre où elle étoit poſée & arrêtée, afin qu'il ne reçût que l'eau de la pluïe qui tomboit immédiatement dans la largeur de ſon ouverture, & qu'il n'y entrât que celle qui y devoit tomber ſelon la proportion de ſa ſurface ſupérieure. Le réſultat de ces expériences fut, qu'en une année il pouvoit ordinairement tomber des eaux de la pluïe juſques à la hauteur d'environ dix-ſept pouces. L'Auteur du livre intitulé l'*Origine des Fontaines*, aſſure avoir fait une ſemblable expérience pendant trois années, & que l'une portant l'autre il étoit tombé de l'eau de la pluïe en un an juſques à 19 pouces 2 lignes $\frac{1}{3}$ de hauteur.

Je prens moins que ces obſervations, & je ſuppoſe qu'en un an il tom-

tombe seulement de l'eau de la pluie jusques à 15 pouces de hauteur: sur ce pié là une toise recevroit en un an 45 piés cubes d'eau; & supposant qu'une lieuë contienne de longueur 2300 toises, une lieuë quarrée contiendroit 5290000 toises superficielles, qui multipliées par 45 donnent 238050000 piés cubes.

Les sources les plus éloignées de la *Seine* sont à 60 lieuës de *Paris* à peu près: savoir, celles de la riviére d'*Armanson* & des autres riviéres qui entrent dans les riviéres d'*Yonne* & de la *Seine*, à les prendre depuis les sources les plus proches de la *Loire* auprès de la *Charité*; & celles qui entrent dans la *Marne*, depuis celles qui sont les plus proches de la *Meuse* au delà de *Bar-le-Duc*. La distance de ces sources les plus éloignées l'une de l'autre est de près de 60 lieuës. Que si l'on coupe la riviére de *Seine* par une ligne perpendiculaire qui passe à cinq ou six lieuës de *Paris*, du côté de *Corbeil*; on trouve des sources vers les extrémitez de cette ligne, qui sont distantes l'une de l'autre d'environ 45 lieuës. Je suppose donc, que la continence de toute cette étenduë de païs est de 60 lieuës de longueur revétuë, & de 50 lieuës de largeur, qui font 3000 lieuës superficielles, dont le produit par 238050000 est 714150000000: d'où l'on voit que les terres qui fournissent l'eau de la *Seine* à *Paris*, reçoivent des pluiës 714150000000 piés cubes d'eau en un an.

La *Seine* au dessus du Pont-Royal lorsqu'elle touche les deux quais sans couvrir que très-peu l'extrémité du terrein de part & d'autre, a 400 piés de largeur & cinq piés de profondeur moyenne: elle est alors dans sa moyenne grandeur: sa vitesse au haut de l'eau est telle qu'elle fait environ 150 piés en une minute: elle en fait 250 quand les eaux sont en leur plus grande hauteur; car un bâton qui est emporté par le milieu du courant, va aussi vîte qu'un homme qui marche bien fort, lequel peut faire 15000 piés en une heure; & par conséquent 250 en une minute, c'est-à-dire environ 4 piés en une seconde. Mais parce que le fond de l'eau ne va pas si vîte que le milieu, ni le milieu que la surface supérieure, comme il sera prouvé ensuite; on peut prendre pour vitesse moyenne 100 piés en une minute.

Le produit de 400 piés de largeur par 5 piés de hauteur moyenne est 2000; car elle a 8 ou 10 piés en des endroits, & six, ou trois, ou deux, en d'autres: & le produit de 200 par 10 piés, fait 2000000 piés cubes; & par conséquent il passe par une section du lit de la riviére de *Seine* au dessus du Pont-Royal, 200 mille piés cubes en une minute, & 120000000 en une heure, & en 24 heures 288000000, & en un an 105120000000, qui n'est pas la 6^e. partie de l'eau qui tombe en un an par les pluiës & les neiges, savoir 714150000000 piés cubes. Il est donc manifeste, que quand le tiers de l'eau des pluiës s'éléveroit en vapeurs incontinent après être tombée, & que la moitié du reste demeureroit dans les terres superficielles pour les tenir mouillées comme on les voit ordinairement, & dans les lieux souterrains au

dessous des grandes plaines ; qu'il n'y auroit que le reste qui s'écoulât par de petits conduits pour faire les fontaines au dessous ou au penchant des montagnes ; il y en auroit assez pour produire ces fontaines, & les riviéres telles qu'on les voit. Si on prend 18 pouces au lieu de 15 dans le calcul ci-dessus, on trouvera au lieu de 714150000000, 856980000000 piés cubes ; qui donneront huit fois plus d'eau que la *Seine* n'en fournit.

Pour calculer l'eau de la plus grande Fontaine de *Mont-Martre*, il faut multiplier 300 toises de longueur par 100 de largeur ; le produit est 30000 toises, qui donneront, à 54 piés cubes par toise, 1620000 piés cubes à peu près en un an. Or le terrein de cette montagne est sablonneux jusques à 2 ou 3 piés de profondeur, & le dessous est une terre glaise ; une partie de l'eau des grandes pluies coule d'abord au bas de la montagne ; une partie du reste demeure dans le sable proche de la surface ; le reste coule entre le sable & la glaise, & si l'on suppose que ce ne soit que la quatriéme partie du total, qui est de 56700000 pintes en un an, ou 155341 en un jour, ce qui fait 6472 pintes en une heure, & 107 en une minute, ce quart seroit environ 26 pintes par minute que devroit donner cette fontaine, & c'est ce qu'elle donne à fort peu près, lorsqu'elle est plus que médiocre.

TROISIÉME DISCOURS.

De l'Origine & des causes des Vents.

L'Origine des Vents est beaucoup plus difficile à découvrir que celle des fontaines, parce que chaque fontaine ayant le commencement de sa production, & l'issuë de sa source en une seule montagne, un seul homme en peut observer toutes les plus considérables circonstances : mais un même vent s'étendant bien souvent par l'espace de plus de 100 lieuës, il faut nécessairement plusieurs observateurs en même-tems, pour savoir où il commence & où il finit, & quel espace il coupe en largeur.

J'ai entrepris plusieurs fois d'avoir des correspondances pour ces observations dans des étenduës de sept ou huit cens lieuës en plusieurs endroits de l'*Europe* en même tems ; comme depuis *Paris* jusqu'à *Varsovie* & vers les extrémitez de l'*Italie* & l'*Espagne*, & depuis *Londres* jusqu'à *Constantinople*, de cent lieuës en cent lieuës : mais, quoique plusieurs curieux à qui j'en avois parlé ou écrit, me l'eussent promis, & que de mon côté je fisse exactement le miennes à *Paris* & ailleurs ; je n'en ai pû avoir que fort peu de correspondantes, dont je parlerai dans la suite.

Aristote & quelques autres Philosophes ont crû que les vents procédent des exhalaisons ou fumées élevées de la terre, lorsqu'elles se refléchis-

chiffent après être montées perpendiculairement jufques à la moyenne région de l'air. Cette opinion a fort peu de vrai-femblance : car les exhalaifons s'élévent fort lentement ; & par conféquent leur reflexion ne peut donner qu'un foible mouvement à l'air, & ne peut produire qu'un vent très-médiocre, qui ne régneroit ordinairement que dans la moyenne région de l'air, & ne defcendroit pas jufques à la furface de la terre. Il eft vrai que s'il s'éléve en quelque lieu particulier une extraordinaire quantité d'exhalaifons & de vapeurs, elles pourroient occuper affez de place dans l'air pour en repouffer une partie en circonférence ; mais ce mouvement d'air feul feroit trop foible pour produire un vent confidérable, & qui eût une viteffe égale à celle de la plupart de vents. Il s'enfuivroit auffi, fi cette opinion étoit véritable, qu'il ne viendroit point de vents de la Mer Océane vers les côtes de *France* & d'*Efpagne*, puifqu'il ne s'éléve point d'exhalaifons des eaux de la Mer ou très-peu, mais feulement des vapeurs aqueufes ; & cependant il s'y fait fouvent des vents d'Occident très-violens.

Monfieur *Defcartes*, qui a voulu rendre raifon de toutes chofes, a crû que les nuées qui étoient fur le point de fe refoudre en pluië, pouvoient produire les vents en tombant d'enhaut les unes fur les autres. Mais il n'a pas confidéré qu'il n'y a point de nuée fi épaiffe qui n'ait beaucoup d'air dans les intervalles des vapeurs qui la compofent, & que par cette raifon l'air qui eft entre deux nuées peut paffer facilement au travers à mefure qu'elles s'aprochent l'une de l'autre, ou qu'elles tombent de haut en bas vers la terre : ajoutez à cela, que les nuées fupérieures defcendent fi lentement fur les inférieures, qu'il eft impoffible qu'elles donnent une grande viteffe à l'air qui eft entre-deux, & il ne peut jamais en réfulter un mouvement d'air d'un feul côté qui puiffe être porté par une efpace tant foit peu confidérable. La raifon qu'apporte cet Auteur pour prouver que ces nuées fort élevées produifent les tempêtes, favoir que plus les corps pefans tombent de haut, plus leur chûte eft impétueufe, eft un pur fophifme : car cela n'arrive qu'aux corps fort pefans comme les pierres & les métaux ; mais à l'égard des nuées qui commencent à defcendre quand elles font fur le point de fe rendre en petites goutes de pluiës, la plus grande viteffe qu'elles puiffent acquérir en defcendant, eft de faire cinq ou fix piés en l'efpace d'une feconde, & ces petites goutes peuvent acquérir cette viteffe en venant feulement de cinquante piés de haut. Ce même Auteur a encore tâché d'expliquer les vents par les dilatations inégales des vapeurs, & a foutenu que les vapeurs fe dilatant mille fois plus que l'air à proportion, elles doivent être les caufes des Vents, donnant pour exemple le vent des Eölipiles. Mais tous ces raifonnemens font fondez fur de fauffes fuppofitions : car il n'eft point vrai que l'eau étant extrémement échauffée ne produife que des vapeurs, car elle produit auffi beaucoup d'air & d'autres matiéres encore plus rarefiées, comme il a

été expliqué ci-devant; & c'eſt ce qui fait le vent des Eölipiles, & non pas les vapeurs aqueuſes que ces matiéres rarefiées font ſortir avec elles. Car les vapeurs, qui ne ſont autre choſe que de petites parcelles d'eau que la chaleur fait ſéparer du reſte de l'eau, ne ſe changënt point en air, & n'occupent pas davantage d'eſpace pour être plus raréfiées, puiſque cette dilatation n'eſt à parler proprement qu'une ſéparation de ces petites parcelles; de la même maniére que lorſqu'on jette en l'air une poignée de cendres ou de pouſſiére dans une chambre, les petites parcelles de la cendre étant éparſes, n'occupent pas plus de place dans la chambre que lorſqu'elles étoient dans la main, & ne pouſſent pas l'air au dehors pour ſe faire faire place: Et s'il étoit vrai que les vapeurs qui compoſent une nuée fiſſent naitre des vents, la nuée demeureroit immobile & pouſſeroit des vents de toutes parts autour d'elle, ce qui eſt contraire aux obſervations; car on voit par expérience que les vents pouſſent & emportent les nuées d'un ſeul côté, & qu'ils occupent beaucoup plus d'eſpace en largeur que les plus groſſes nuées. J'obſervai un jour étant au haut de la plate-forme de l'Obſervatoire, qu'il venoit une groſſe nuée du côté du Couchant, dont on voyoit tomber une pluië fort épaiſſe: cette pluië tomboit à 300 pas de l'Obſervatoire, qu'on ne ſentoit encore aucun vent conſidérable ſur la plate-forme: Je deſcendis avec ceux qui étoient avec moi pour éviter l'orage, qui dura ſept ou huit minutes, & lorſqu'il fut fini, je vis la nuée qui étoit paſſée, & qui étoit déja fort éloignée; mais il ne faiſoit plus de vent conſidérable ſur la plate-forme: ce qui me fit connoître manifeſtement, que c'étoit le vent qui avoit cauſé cette pluië, & que la nuée d'où tomboit la pluië n'avoit pas produit le vent qui la pouſſoit; ce que j'explique en la maniére ſuivante.

Lorſqu'il s'excite par quelque cauſe que ce ſoit un vent aſſez grand en une partie de l'air proche de la terre, il chaſſe devant lui les vapeurs qu'il rencontre, & les amaſſe les unes contre les autres en peu de tems; car s'il ſouffle avec une viteſſe à faire 20 ou 25 piés par ſeconde, il peut paſſer 6 ou 7 lieuës en une heure, & former une nuée de plus d'une lieuë de longueur, comme étoit celle dont je viens de parler: & enfin lorſque les petites parcelles d'eau qui compoſent les vapeurs ſont très-preſſées par le vent, il s'en forme des goutes de pluië, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il s'enſuit que c'eſt le vent qui fait les nuées & les pluiës, & que les nuées ne font point le vent.

Voici quelques conjectures qui me paroiſſent fort vrai-ſemblables ſur les véritables cauſes des vents, leſquelles j'ai fondées ſur pluſieurs obſervations que j'ai faites ou fait faire, ou que j'ai tirées de pluſieurs Relations de Voyages de mer.

Je ſuppoſe que quelque viteſſe qui puiſſe être donnée à un eſpace d'air de la groſſeur d'une nuée, il ne peut continuer un mouvement ſenſible au travers du reſte de l'air immobile que juſques à un quart de lieuë au plus; ce qui eſt aiſé à prouver par expérience en pouſſant le

vent

vent d'un foufflet d'une extrémité d'une chambre vers l'autre.

Je fuppofe encore qu'il s'éléve plus de vapeurs des eaux des mers que des terres, & plus de fumées falpétreufes & fulphurées des terres découvertes, que de celles qui font fous les eaux.

Cela étant fuppofé, je dis qu'il y a trois caufes principales des vents, & quelques autres caufes particuliéres & moins importantes. Les trois principales & générales font:

1°. Le mouvement de la terre de l'Occident à l'Orient, ou, fi l'on n'admet point cette hypotèfe, celui du Ciel de l'Orient à l'Occident:

2°. Les viciffitudes des rarefactions de l'air par la chaleur du Soleil, & de fes condenfations lorfque le Soleil ceffe de l'échauffer:

3°. Les viciffitudes des élévations de la Lune vers fon apogée, & de fes defcentes vers fon périgée.

Les caufes particuliéres les plus confidérables font:

1°. Quelques élévations extraordinaires d'exhalaifons & de vapeurs de la terre en certains lieux:

2°. La chûte des groffes pluiës, ou de quelques grêles groffes & épaiffes:

3°. Les éruptions de quantité d'exhalaifons fulphurées & falpétreufes dans les tremblemens de terre:

4°. Les foudaines fontes des neiges dans les hautes montagnes.

Ces caufes particuliéres fortifient les caufes principales, ou diminuënt & empêchent leurs efforts felon la diverfité des lieux & des tems, par plufieurs combinaifons. Les éruptions des exhalaifons peuvent être fort irréguliéres dans les périodes des tems, & dans leur quantité & leur force, comme on voit des irrégularitez dans les périodes des tremblemens de terre, & dans la variation de l'aiguille aimantée ; & l'on peut rapporter les unes & les autres à quelques grands changemens qui fe font de tems en tems dans l'intérieur de la terre. L'on voit auffi que les montagnes ardentes ne font pas leurs éruptions embrafées en des intervalles de tems limitez & périodiques.

Par ces caufes tant générales que particuliéres, on peut expliquer tous les vents, comme on le verra dans la fuite.

Il eft manifefte, que fi la terre fe meut autour de fon centre d'Occident en Orient, la furface va beaucoup plus vîte fous la ligne équinoxiale, qu'au 30 ou 40. degré de latitude de part & d'autre ; & que cette furface entraine avec foi l'air qui en eft proche, mais avec un peu moins de viteffe : ce qui doit faire paroître un mouvement d'air d'Orient en Occident à ceux qui font fous l'Equateur, jufques à une latitude de plus de vingt degrez de part & d'autre, puifque ce mouvement étant plus vîte que celui de l'air qui la fuit, ils doivent fentir le choc de l'air qu'ils rencontrent fucceffivement. Et c'eft de là que peuvent proceder ces vents qu'on appelle Alizez, qui régnent prefque toujours entre les deux Tropiques ; mais qui ont cette différence, que lorfque le Soleil eft au

Tro-

Tropique du Cancer, il se fait ordinairement un vent d'*Est-Nord-Est*, ou de *Nord-Est*, & que quand il est vers le Tropique du Capricorne, ce vent est ordinairement *Sud-Est*, ce qu'on explique aisément par la seconde cause, savoir la rarefaction de l'air excité par la chaleur du Soleil : Car lorsqu'il est dans les signes du Capicorne & du Sagittaire, il échauffe beaucoup l'air & les terres qui sont au dessous: d'où il arrive que cet air étant extrêmement dilaté, & celui qui est sous les signes opposez s'étant condensé en même tems par le froid de l'hiver qui y régne alors; il se fait nécessairement un mouvement d'air du Midi vers le Septentrion, lequel se joignant au mouvement qui va d'Orient en Occident, il doit faire un vent composé des deux, savoir un *Sud-Est*, ou *Est-Sud-Est* : Et au contraire quand le Soleil est dans le Tropique du Cancer, il doit se faire un mouvement d'air du Septentrion vers l'autre Pole, qui se joignant au même mouvement de l'Orient à l'Occident, fait le vent de *Nord-Est*, ou d'*Est-Nord-Est*.

Les Relations de quelques Pilotes portent, que les vents d'Occident régnent ordinairement dans la Mer Océane, depuis le 27e. degré jusques au 40e: J'explique ces vents en la maniére suivante, prenant le 33e. degré de latitude pour exemple.

L'air qui est entre les deux Tropiques va un peu moins vîte vers l'Orient que la terre qui est au dessous, puisqu'on n'y sent qu'un vent médiocre, qui ne fait pas ordinairement plus de huit ou dix piés en une seconde; au lieu que la surface de la terre qui est sous l'Equateur, fait dans le même tems environ 1423 piés : mais la surface de la terre au 33e. degré de latitude, ne fait que 1195 piés; & par conséquent si l'air qui est en ce paralléle alloit aussi vîte que celui qui est sous l'Equateur, il iroit plus vîte que cette surface d'environ 228 piés par seconde. Or si l'air du 33. degré n'avoit son mouvement que de la terre qui est au dessous qui l'entraine, on y sentiroit un vent d'Orient, dont la vitesse seroit d'environ 8 ou 10 piés par seconde. Mais parce que l'air qui est depuis l'Equateur jusques au 10e. degré, entraine celui qui est à côté toujours en diminuant jusques au 33e. degré; il peut arriver que cette diminution s'y réduise à 20 piés par seconde, de maniére qu'étant jointe à la diminution de 10 piés par seconde en un sens contraire qui se feroit s'il n'y avoit point d'autre cause, l'air y sera poussé à faire 10 piés par seconde, plus que la surface de la terre vers l'Orient, & qu'on y sentira un vent d'Occident, aussi grand que les vents Alizez le sont entre les deux Tropiques. Ajoutez à cela, que les vents Alizez rencontrant les côtes de l'*Amérique* courbées en demi lune depuis la *Cayenne* jusques au Golphe de *Mexique*, peuvent se refléchir contre leurs hautes montagnes, & aider à produire ces vents d'Occident, & augmenter leur vitesse; & ces vents seroient perpetuels s'ils n'étoient empêchez quelquefois par une ou plusieurs des autres causes dont on a parlé ci-devant.

Il

Il y a beaucoup d'endroits entre les deux Tropiques où il se fait des vents extraordinaires qui viennent des terres vers la mer sur l'entrée de la nuit, & de la mer contre les côtes depuis que le Soleil est levé jusques vers midi: on explique ces vents en la maniére suivante.

Supposons une grande Ile qui soit au 15^{e}. ou au 20^{e}. degré de latitude, où les vents Alizez peuvent être foibles: le Soleil échauffant les terres de cette Ile depuis midi jusques à 4 ou 5 heures du soir, & en même tems la mer qui en est proche; il ne se fait point de mouvement d'air sensible par cette cause: mais immédiatement après le Soleil couché, l'air de la mer se condense beaucoup en se refroidissant, & les terres de l'Ile conservant long-tems leur chaleur, l'air qui est au dessus ne se condense que peu à peu, & beaucoup moins au commencement que celui de la mer; d'où il doit arriver qu'il se fera un vent par le mouvement de l'air de l'Ile qui coule pour remplir la place de celui qui s'est beaucoup condensé au dessus de la mer voisine. Mais au moment que le Soleil se léve, les terres de l'Ile étant refroidies par la longueur de la nuit, & l'air s'y étant beaucoup condensé, il se doit faire un reflux de l'air qui s'étoit avancé vers la mer, assez grand pour produire un petit vent venant de la mer contre les côtes.

Les vicissitudes des vents, ou leur flux & reflux, se remarquent encore selon quelques Relations, le long de la Mer *Méditerranée* en de certaines saisons de l'année; car elles assurent qu'il s'y fait un vent d'Orient le matin, & un vent d'Occident le soir. Le premier peut proceder de la dilatation de l'air qui se fait vers les Païs qui sont Orientaux à cette mer, savoir la *Natolie*, *l'Arabie*, &c. où le Soleil est déja fort élevé, quand il se léve à l'égard du milieu de la *Méditerranée*; & cette dilatation peut faire sentir un vent d'Orient vers les Iles de *Malte* & de *Sicile*: mais deux ou trois heures après midi le vent d'Occident s'y doit faire sentir jusques bien avant dans la nuit, à cause de la dilatation de l'air par la chaleur du Soleil, qui échauffe alors fortement les terres qui sont au delà de cette Mer en *Espagne* & en *Affrique*, & cesse d'échauffer celles qui sont vers l'Orient; d'où il arrive nécessairement qu'il se fait un reflux d'air de l'Occident vers l'Orient dans le milieu de la *Méditerranée*.

Dans le commencement de Novembre il se fait dans l'*Ile de France*, dans la *Bourgogne*, & dans la *Champagne*, des vents du *Sud* qui aménent de grandes pluïes; parce qu'alors les terres vers le Pole Septentrional ne voyent plus le Soleil, & l'air s'y condense beaucoup par un froid excessif: d'où il arrive que les terres de l'*Affrique* étant alors beaucoup échauffées, y poussent leur air plusieurs jours durant, & y en font amasser au delà de l'équilibre, dont il refluë & fait un vent de *Nord-Est* assez doux à cause du vent du Midi qui y a porté un air chaud, lequel venant à refluër donne un beau tems & peu froid 3 ou 4 jours de suite; & c'est ce qu'on appelle l'*Eté de la Saint Dénis* ou *de la Saint Martin*.

On peut aiſément comprendre que lorſque le Soleil luit à plomb ſur un grand eſpace de terre, l'air qui eſt au deſſus s'échauffe beaucoup, & s'étend de toutes parts en circonférence ; & que l'air s'y refroidiſſant de toutes parts en circonférence, par l'abſence du Soleil, il y doit venir un reflux d'air. Ce flux & reflux de l'air ſe voit bien ſouvent en petit. Monſieur *Huggens* me dit un jour qu'il avoit obſervé que ſa chambre étant bien fermée, ſon Barométre qui étoit un de ceux qui font baiſſer leur liqueur par la plus grande peſanteur de l'air, & dont les changemens de hauteur ſont fort ſenſibles, s'étoit baiſſé & hauſſé alternativement pluſieurs fois en un quart-d'heure. J'en attribuai la cauſe à quelque vent qui s'étoit rabatu dans la cheminée de ſa chambre, lequel y ayant preſſé l'air, lui avoit donné une plus grande force de reſſort qui avoit fait deſcendre la liqueur de ſon Barométre ; & cet air condenſé ayant enſuite la liberté de s'étendre par la ceſſation de la cauſe, repaſſoit par la cheminée, & ſon reſſort étant diminué la liqueur du Barométre remontoit ; & parce que le mouvement acquis par l'air qui remontoit par le tuyau de la cheminée en faiſoit ſortir beaucoup plus que ſelon la proportion de l'équilibre, il ſe faiſoit de nouveau une deſcente de l'air par le même tuyau, qui mettoit encore la condenſation de l'air de la chambre au delà de l'équilibre, & faiſoit deſcendre la liqueur du Barométre, & ainſi de ſuite, en diminuant peu à peu juſques à une entiére réduction à l'équilibre.

J'ai vû un ſemblable effet dans un fourneau où l'on faiſoit de la chaux; il étoit comme une petite chambre voûtée où il y avoit dans le milieu une fenêtre quarrée d'un pié & demi de largeur, par laquelle on jettoit le bois pour entretenir le feu. Il arrivoit que le feu étant grand, l'air enfermé ſe dilatoit extrémement, & qu'il ſortoit en partie par la fenêtre avec beaucoup de viteſſe : & le feu s'étant alors diminué par le défaut de l'air, la chaleur de l'air enfermé diminuoit, & devenant par conſéquent moins rarefié, il en rentroit néceſſairement par la fenêtre en forme de vent qui ſouffloit le feu & le ralumoit ; ce qui faiſoit dilater l'air de nouveau par une augmentation de chaleur, & le faiſoit reſortir encore par la fenêtre. Cette viciſſitude faiſoit une eſpéce de reſpiration ſemblable à celle des animaux. Ceux qui faiſoient ce travail me dirent que la même choſe ſe faiſoit dans tous leurs fourneaux à chaux, & ils me firent remarquer que les papillons & les autres animaux qui volent la nuit vers la lueur du feu, étant à un pié ou deux de la fenêtre étoient entrainez dans le fourneau par l'air qui y rentroit avec une grande viteſſe après en être ſorti. Le tems de chaque reſpiration étoit trois ou quatre fois plus long que celui de la reſpiration des animaux.

J'ai remarqué par pluſieurs obſervations, qu'à *Paris* & dans le voiſinage, les vents font en 15 jours à peu près une révolution entiére, ſoufflant ſucceſſivement de toutes les parties de l'horiſon ; & qu'aux nouvelles & pleines-lunes le vent eſt preſque toujours *Nord* & *Nord-Eſt*:

C'eſt-

C'eſt-à-dire, que s'il ſe fait un vent de *Nord* à la nouvelle Lune, il paſſe à *l'Eſt* dans trois ou quatre jours, & enſuite au *Sud*, puis à *l'Ouëſt*, & ſe remet au *Nord* vers la pleine-Lune, d'où il repaſſe ſucceſſivement vers *l'Eſt*, le *Sud* & *l'Ouëſt*, revient à la nouvelle lune au *Nord* ou au *Nord-Eſt*. Quelques-uns de ces vents tournent quelquefois un peu en arriére, comme de *l'Ouëſt* au *Sud-Ouëſt*, & du *Nord-Eſt* au *Nord*; & alors ces vents durent ſept ou huit jours: mais il ne font preſque jamais un tour entier. Il arrive auſſi quelquefois que le vent paſſe de *l'Ouëſt* au *Nord-Eſt*, & de *l'Eſt* au *Sud-Ouëſt*, ſans que les vents d'entre-deux ſe faſſent remarquer.

On peut expliquer ces révolutions de vents par la troiſiéme cauſe principale, en la maniére ſuivante.

Il eſt très-vrai-ſemblable que la Lune ſe levant à ſon apogée doit entrainer beaucoup d'air après elle, ſi l'on ſuppoſe qu'elle nage dans l'air, & que ſon diamétre ſoit de 5 à 6 cens lieuës, comme les Aſtronomes l'aſſurent: car en s'élevant elle doit entrainer l'air qui lui eſt proche, celui-ci l'air qui eſt au deſſous, juſqu'aux terres qui ſont ſous la Zone Torride; & par cette raiſon, l'air qui eſt proche des Poles de part & d'autre y doit couler pour conſerver l'équilibre du reſſort, ce qui doit produire le *Nord* vers le milieu de la Zone Tempérée Septentrionale; lequel ſe joignant avec le vent *d'Eſt*, qui eſt produit par la même cauſe premiére, ſavoir par le mouvement de la terre, compoſe le *Nord-Eſt*, qui régne à *Paris* ordinairement dans les nouvelles lunes.

Il ſe doit faire encore un petit vent de *Nord* par le grand mouvement de l'air entrainé par la terre, depuis la Ligne Equinoctiale juſques au 50 ou 60^e^. degré. J'ai expérimenté que faiſant tourner bien vîte une boule de plomb de deux pouces de diamétre proche d'un ſeau plein d'eau, il s'élevoit vers la boule de petites ſaletez qui étoient au fond du ſeau: & ayant ſuſpendu une boule de 8 pouces de diamétre, & la faiſant tourner médiocrement vîte, il ſe faiſoit un grand mouvement d'air à côté, & un autre fort petit de bas en haut vers le pole de la boule; ce que je connoiſſois par de petits duvets poſez ſur le haut d'un petit bâton perpendiculaire, diſtant de deux ou trois pouces de la boule, leſquels ſe mouvoient comme pour ſe lever vers elle: mais ce vent étoit très-foible. D'où l'on peut juger que l'air vers les Poles ſe meut contre la terre, & peut s'étendre juſques au 50^e^. degré, & puis incontinent après que cette cauſe a ceſſé, & avant que le reflux de l'air élevé par la Lune revienne vers les Poles, le mouvement de la terre d'Occident en Orient peut faire paroître un vent *d'Eſt* ſeul, qui d'ordinaire ne dure qu'un jour ou deux: car la lune revenant à ſon périgée, pouſſe réciproquement l'air vers les Poles; & il ſe fait au commencement un *Sud-Eſt* par la combinaiſon de ce mouvement d'air vers les Poles, & de celui qui vient de l'Orient. Le Sud prédomine enſuite juſques à ce que le grand mouvement des vents d'Occident qui ré-

gnent jusques au 40^{e}. degré, comme il a été dit, & qui peuvent quelquefois s'étendre à huit ou dix degrez plus loin, s'avançant un peu vers les climats Septentrionaux, & se mêlant avec les vents du *Sud*, fassent le *Sud-Ouëst*; & le reflux du *Sud* étant cessé, le seul vent *d'Ouëst* peut régner jusques à ce que le reflux de l'air, que le Sud avoit poussé vers le *Nord*, joint à celui qui est entrainé per l'élévation suivante de la Lune vers son apogée, & par le petit mouvement dont il a été parlé, fasse le *Nord* & le *Nord-Est*, comme à la nouvelle lune. Cette période & vicissitude des vents arrive deux fois à chaque mois lunaire. Je l'ai observé pendant plusieurs années; & quoiqu'il y arrive quelques irrégularitez par les combinaisons des causes particuliéres, j'ai presque toujours trouvé que le *Nord-Est* régnoit aux nouvelles & pleines lunes, & le *Sud* & *l'Ouëst* aux quadratures : mais on doit remarquer que comme dans les Riviéres où le flux de la mer est poussé bien haut, le reflux commence à se faire vers leurs embouchures pendant que le flux monte encore aux endroits les plus éloignez; ainsi le *Nord* ou le *Nord-Est* ne soufflent pas à *Paris* en même tems que la Lune est à son apogée, & que ce n'est qu'après qu'elle s'est beaucoup raprochée de la terre. Il est encore aisé de juger, que lorsque la Lune est vers le Tropique du Capricorne dans sa plus grande latitude australe, l'air qu'elle éléve alors ou qu'elle repousse, met beaucoup plus de tems à faire sentir son mouvement vers les Païs Septentrionaux, que lorsqu'elle est à sa plus grande proximité du Pole Boréal, & même que le mouvement peut être trop foible pour s'étendre jusques vers le 50^{e}. degré de latitude Septentrionale. J'ai observé quelquefois à *Paris*, que le vent ayant été *Nord-Est* 7 ou 8 jours de suite, & que les vents du *Sud* devant soufler à leur tour, le *Nord-Est* régnoit encore par bas : mais il y avoit des nuées fort élevées qui étoient poussées en même tems par le Sud, mais fort foiblement; ce qui me fit juger que vers le 40^{e}. degré de latitude le *Sud* & le *Sud-Ouëst* pouvoient être alors assez grands pour y régner seuls. Il doit arriver aussi que les élévations inégales de la Lune feront des différences considérables à l'égard de ces vents, tant pour leurs forces, que pour les jours où ils doivent régner. Il est même nécessaire qu'il arrive beaucoup d'irrégularitez dans ces vents par le mélange des causes particuliéres dont il a été parlé; mais ces vents doivent être moins irréguliers dans les lieux où il y a peu de montagnes, comme dans l'Ile de *France* & dans la *Champagne*, que dans les lieux fort montagneux.

Le mouvement des vents n'est jamais uniforme, non plus que le courant des riviéres, & il s'y fait de la même maniére des vagues & des tournoyemens qu'on appelle des tourbillons qui ont de différentes vitesses. On observe dans les grands orages, que dans une largeur d'un quart de lieuë où la plupart des arbres ont été abatus, il y a des intervalles où il n'y en a point d'abatus, parce que le vent y a été moins violent. On

On remarque aussi que tous les vents soufflent à reprises & par bouffées; ce qu'on reconnoît même par le son des cloches, qu'on entend s'affoiblir ou s'augmenter dans de petits intervalles de tems. En voici les causes. Supposons qu'un grand vent ayant beaucoup de largeur rencontre vers G des maisons & de petites éminences, qui le fassent refléchir en quelques endroits, & faire des vagues non paralléles, comme A, B, C, D; il est évident que le ressort qu'elles feront par leur rencontre en B, fera aller plus vîte la vague B D, & que celle qui est dans la direction G B choquera ensuite bien plus foiblement l'oreille en B. La même chose doit arriver en tous les autres endroits du vent. TAB. XIII. Fig. 2.

Il arrive quelquefois que lorsqu'un grand vent en rencontre à côté un autre plus foible, soit qu'il lui soit opposé ou non, il emporte l'air qui lui est le plus proche, & le fait tourner en rond avec une grande vitesse; & ce tournoyement d'air, qu'on appelle un tourbillon, s'avance avec le vent le plus fort, & enléve tout ce qu'il enveloppe qui n'a pas beaucoup de pesanteur, comme la poussiére, les feuilles féches, & même des tas de foin tout entiers, qui vont quelquefois tomber à plus d'un quart de lieuë de distance. Ces tourbillons enlévent aussi quelquefois une grande quantité de l'eau de la Mer, qui paroît à ceux qui la voyent de loin, comme une grande colomne d'eau.

On voit un exemple de ces vents qui vont à côté l'un de l'autre en un sens contraire, dans de certaines cheminées lorsqu'on y fait un grand feu, la chambre demeurant fermée: car l'air rarefié & la flamme qui s'élévent font suivre une partie de l'air de la chambre; & celui qui reste étant trop dilaté par ce moyen, il faut nécessairement qu'il en revienne de haut en bas par la cheminée, lequel raméne une partie de la fumée, & la répand par la chambre; & ordinairement la fumée & l'air rarefié montent d'un côté, & l'air pesant descend par l'autre avec une partie de la fumée, ce qu'on évite en laissant la porte ou une fenêtre à demi ouverte: car l'air qui y entre suit le mouvement de la fumée par la cheminée, & remplit suffisamment la chambre; & s'il y avoit seulement un trou d'un pouce de diamétre dans la fenêtre ou dans la porte pour laisser entrer l'air du dehors, il s'y feroit un vent si grand qu'il éteindroit les chandelles qu'on y exposeroit.

Lorsque le vent rencontre un obstacle comme une grande muraille, il change sa direction, & se rabat au delà de cet obstacle, comme on le voit dans la figure 3e. de la Table XIII, en laquelle A B représente la muraille, & les lignes C A, G H, I L, F B, la direction du vent étant libre. Or il est évident que l'air se met en ressort entre A & B, & que ne pouvant s'étendre vers embas, il s'étend du côté de C A, comme jusques à D E; & l'air qui est vers R ayant peu de mouvement, celui qui est en D E M, y est poussé par celui qui est plus haut de M en N, comme on le voit arriver à l'eau, au delà des piles des ponts où elle est fort rapide. TAB. XIII. Fig. 3.

De là il s'ensuit, que si du côté que vient le vent il y a une muraille plus haute qu'une cheminée, la fumée en sort difficilement, parce que le vent rabat en tourbillon après avoir passé la muraille, & entre avec force dans le tuyau de la cheminée ; & quand même le mur seroit de niveau avec la cheminée, & un peu éloigné, il feroit à peu près un semblable effet, comme on le peut juger par la figure 4[e], en laquelle A B marque la direction du vent, B C est le mur opposé à cette direction, D E sont deux tuyaux de cheminée à même hauteur que le mur. Le vent qui rencontre le mur est repoussé comme en F G, & n'entre point dans la cheminée D ; au contraire il entraîne avec violence la fumée qui en sort : mais le vent supérieur A B qui conserve sa violence le rencontrant en G, le fait aller en tourbillon, & lui donne le mouvement en rond G H E, & par conséquent il se rabat dans la cheminée E, & empêche la fumée d'en sortir. Que si le vent frape obliquement la muraille qui est au devant des cheminées, la fumée montera assez librement : car la partie du vent A B se refléchira par le côté, & ne s'élévera point ou fort peu ; & par conséquent il ne fera point de tourbillon considérable qui rabatte les fumées.

TAB. XIII. Fig. 4.

La diversité des vents qui régnent en même tems en différens endroits, procéde de plusieurs causes.

La premiére est, que les vents vont toujours par un grand cercle ; d'où il est aisé de juger, que si un même vent *d'Ouest* ou *Sud-Ouëst* faisoit le tour de la terre, il paroitroit fort différent dans les lieux fort éloignez les uns des autres.

La seconde cause est, qu'un grand vent soufflant en un endroit entraine l'air qui est deçà & delà en le poussant un peu à côté, comme l'on voit que dans les riviéres, lorsque le milieu va très vîte, il pousse des vagues un peu obliquement vers les rivages.

La troisiéme cause est, lorsque dans deux endroits de la terre éloignez l'un de l'autre d'environ 100 lieuës, il se fait une grande élévation de vapeurs & d'exhalaisons qui poussent l'air en circonférence, soit en même tems, soit dans l'intervalle de quelques heures, il s'étend nécessairement deux vents contraires de l'un de ces lieux vers l'autre, lesquels s'étant rencontrez refluent des directions opposées.

La quatriéme cause est la rencontre des hautes montagnes, qui font refléchir les vents, & leur font suivre leurs directions. On en voit un exemple dans le Lac de *Genéve*, qui s'étend entre deux rangs de hautes montagnes par l'espace de douze grandes lieuës depuis *Genéve* jusques à *Lauzane* : car il n'y régne presques jamais que deux vents, qui se succédent l'un à l'autre, & vont selon la direction du Lac ; qui pourroient même aller l'un contre l'autre vers le milieu du Lac, s'il faisoit un vent à *Genéve* qui fût un peu oblique à la direction des montagnes, & un autre à *Lauzane* qui fût oblique en un autre sens, comme si E F, I H sont les vents, A B C D les montagnes, car E F se refléchissant en F G, &

TAB. XIII. Fig. 5.

& I H en H L, ces vents seroient contraires vers M N.

La même chose arrive au port d'*Ambleteuse* proche de *Calais*, où l'*Ouëst-Sud-Ouëst* souffle environ les trois quarts de l'année, à cause que les côtes d'*Angleterre* & celles de *France*, qui leur sont opposées en cet endroit, ont cette direction ; & à dix lieuës de là il peut faire un vent de *Sud-Est* ou de *Nord*.

J'ai fait faire des observations près de la verrerie de *Cherbourg*, lesquelles m'ont fait connoître qu'il n'y régne que deux vents opposez qui se succédent alternativement, savoir le N E & S O; ce qui arrive par la même cause des directions de quelques montagnes.

Monsieur *Varin*, qui a fait des observations en l'Ile de la *Gorée* proche le *Cap-Verd*, m'a assuré que le vent de *Nord-Ouëst* y régne souvent au lieu des vents d'Orient ; ce qui procéde de ce qu'il y a de hautes montagnes à une lieuë de distance de cette Ile du côté du *Nord-Ouëst*, qui refléchissant vers elle, les vents Alizez, *Est* ou S E, y font sentir un *Nord-Ouëst* lorsque ces mêmes vents Alizez se font sentir en même tems à dix lieuës au delà de cette Ile en pleine mer. J'ai encore appris par plusieurs Relations, que quand des vaisseaux passent le long des côtes de *Génes*, où il y a de très-hautes montagnes, dont quelques-unes ont entre elles de longues vallées, qui ont leur direction vers la mer ; on sent un vent considérable qui vient des terres vers les vaisseaux quand ils sont vis-à-vis de quelqu'une de ces vallées.

J'ai connu encore de grandes diversitez de vents en même tems par les observations faites à *Varsovie* en *Pologne* par M. *Desnoyers*, & à *Abordon* en *Ecosse* par M. *Gregori*, en les comparant à celles que je faisois à *Paris* en même tems : car souvent les vents y sont différents de ceux de *Paris* de la huitiéme partie de la Boussole ; comme si le vent est S O à *Paris*, il sera *Ouëst* à *Abordon*. Les vents sont quelquefois opposez à *Paris* & à *Varsovie* ; le vent étant un jour *Sud-Ouëst* à *Paris*, il étoit *Nord-Est* à *Varsovie* ; ces Villes sont situées à peu près O S O, & *Est-Nord-Est* à l'égard l'une de l'autre : d'où il s'ensuit que ces vents s'étoient presque rencontrez directement en quelque endroit de l'*Allemagne* proche de la *Pologne* ou de la *France*. J'ai encore remarqué cette opposition de vent en un même endroit en faisant voyage, par le moyen de beaucoup de neige qui étoit tombée la nuit ; car on voyoit qu'elle avoit été poussée dans l'espace d'une lieuë par un *Sud-Est*, que dans la lieuë suivante il y avoit eu un calme, & que dans les trois ou quatre lieuës suivantes, la neige avoit été poussée par un *Nord-Ouëst*, ce que je connoissois aisément aux tiges & aux grosses branches des arbres qui n'avoient de la neige que du côté d'où le vent étoit venu.

J'ai remarqué encore un semblable effet par des observations faites en même tems à *Paris*, à *Loches*, & au Mont de *Marsan* en *Guyenne* ; car un *Sud-Sud-Ouëst* ayant régné trois jours de suite en ces trois lieux qui sont dans la direction à peu près de S S O au *Nord-Nord-Est*, il se fit un

un *Nord-Nord-Eſt* à *Paris*, le S S O régnant encore à *Loches* & au Mont de *Marſan* : le lendemain le *Nord-Nord-Eſt* étoit à *Loches* & à *Paris*, & S S O au Mont de *Marſan*; & enfin le troiſiéme jour, le *Nord-Nord-Eſt* ſouffloit en ces trois Villes: d'où je connus manifeſtement que les vents ſe repouſſent quelquefois les uns les autres, & que le plus fort emporte celui qui lui eſt oppoſé. Dans les mêmes obſervations correſpondantes, j'ai remarqué qu'un vent *d'Ouëſt* violent ayant régné à *Loches*, il y faiſoit en même tems à *Paris* un *Ouëſt-Sud-Ouëſt*, & un *Ouëſt-Nord-Eſt* au Mont de *Marſan*; ce qui ſe rapporte à la ſeconde cauſe de la diverſité des vents.

J'ai reconnu ſouvent une grande diverſité de vents en même tems dans un même lieu, lorſqu'il y avoit deux ou trois étages de nuées; ce qui ſe peut expliquer en ſuppoſant que les nuées élevées ſont ordinairement pouſſées par les vents de Midi, & que les plus baſſes ſont pouſſées par le Nord : car quand cela arrive en même tems, les nuées du premier & du deuxiéme étage doivent aller en un ſens contraire, & cela n'empêche pas que des nuées beaucoup plus élevées ne puiſſent être pouſſées par un vent d'Orient qui régne toujours quand il n'eſt point empêché par d'autres cauſes, ou par un vent *d'Ouëſt* produit par la troiſiéme cauſe principale, ou par quelqu'autre cauſe particuliére.

Pour bien remarquer cette diverſité de mouvement des nuées, il faut regarder la pointe de quelque clocher, ou quelque autre objet fixe fort élevé, afin de pouvoit comparer les divers mouvemens des nuées ſupérieures & inférieures. car autrement on pourroit croire que deux nuées différemment éloignées de la terre, iroient ſelon des directions oppoſées, quoiqu'elles fuſſent portées du même côté; parce que les ſupérieures paroiſſent aller plus lentement que celles qui ſont au deſſous quoiqu'elles aillent auſſi vîte, & cette apparence de retardement pourroit faire juger qu'elles iroient en un ſens oppoſé. On peut ſuppoſer que le vent d'Orient n'eſt proprement qu'une apparence de vent, puiſque le mouvement de l'air va du même côté que la ſurface de la terre.

Cette contrariété de vents en un même lieu dans différentes élévations de l'air, peut proceder de ce qu'un grand vent qui eſt porté le long d'une valée, & qui par conſéquent a peu de largeur & d'élévation, en peut rencontrer un autre qui occupe dans l'air un eſpace beaucoup plus grand; & alors le vent inférieur peut forcer une partie de l'autre, ſavoir celle qui eſt proche de la terre, lui laiſſant ſon cours libre dans le haut de l'air où ſont les nuées élevées : mais quand deux vents contraires ſont également forts & de même largeur & hauteur, ils s'arrêtent l'un l'autre & font un calme à l'endroit de leur rencontre, & y ayant amaſſé beaucoup d'air ils le preſſent & le mettent en reſſort; d'où il arrive que cet air, pour ſe mettre en liberté, refluë de part & d'autre, & fait deux autres vents contraires qui ont leur origine en cet endroit.

S'il

S'il fait un vent de *Sud* en hiver qui vienne de loin, il peut pouſſer des nuées fort élevées, parce que ſoufflant en ligne droite ſelon une tangente, il s'éloigne de la terre de plus en plus en s'avançant; & enfin ayant beaucoup condenſé l'air ſupérieur, le reſſort de cet air peut faire un vent de *Nord* proche de la terre qui pouſſera de la pluië ou de la neige, ce que j'ai vû arriver pluſieur fois. On pourra expliquer de même tous les vents qui régnent par toute la terre par ces différentes cauſes, tant générales que particuliéres.

A l'égard des orages & des grandes tempêtes, il eſt difficile de les expliquer par des cauſes ordinaires. On remarque que lorſqu'en Eté il fait des pluiës épaiſſes & à groſſes goutes, elles ſont toujours accompagnées d'un vent très-violent qui les précéde de quelques ſecondes, & que ſa violence ceſſe auſſi-tôt que la nuée eſt paſſée. J'explique ces orages, dont quelques-uns ſont capables de renverſer des arbres & enlever les toits des maiſons, en la maniére ſuivante.

Lorſque deux vents aſſez larges inclinez l'un à l'autre de 15 ou de 16 degrez viennent de loin, & qu'ayant ramaſſé & pouſſé devant eux toutes les vapeurs qu'ils rencontrent, & en ayant formé chacun une nuée épaiſſe ils viennent à ſe rencontrer; ils condenſent l'air dans le lieu de leur rencontre, & le mettent en un grand reſſort, & ſelon les régles de la percuſſion ils le font aller plus vîte d'un tiers à peu près que chacun d'eux. Suppoſant donc que ces vents aillent d'une viteſſe à faire 24 piés en une ſeconde, qui eſt la viteſſe ordinaire des vents incommodes & contre leſquels on a peine d'aller; le vent compoſé des deux ira avec une viteſſe à faire 32 piés en une ſeconde, & la nuée épaiſſe qu'ils pouſſent étant élevée d'une demi lieuë ou d'un quart de lieuë, les goutes de pluië qui s'y forment ſont groſſes d'environ trois lignes de diamétre & acquiérent leur viteſſe compléte à pouvoir faire 32 piés par ſeconde après 100 piés de deſcente, comme il a été expliqué à la fin du *Traité de la Percuſſion*. Chaque goute entraîne en tombant depuis la hauteur de la nuée deux ou trois fois autant d'air qu'elle eſt groſſe; ce qui ſe prouve par l'expérience d'une petite balle de plomb qu'on laiſſe tomber dans un ſeau d'eau: car dès qu'elle a touché le fond il s'en éléve deux ou trois bulles d'air auſſi groſſes qu'elle, leſquelles ne peuvent proceder que de l'air qui la ſuit juſques au fond de l'eau. Or l'on ſait que dans beaucoup de lieux on ſe ſert de certains ſoufflets pour faire fondre la mine de fer dans les fourneaux par la ſeule chûte de l'eau, ce qui ſe fait ainſi. On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 15 piés de hauteur & d'un pié de diamétre, qui eſt ſoudé dans une médiocre cuve renverſée, dont le bas eſt poſé ſur un terrein, en ſorte que pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures & l'air n'y peut plus paſſer: On laiſſe au haut du tuyau une ouverture de trois ou quatre pouces de diamétre, dans laquelle on met un entonnoir, dont le goulet eſt de la même groſſeur; & on y fait tomber de 15, 20, ou 30 piés de

hauteur, l'eau de quelque fontaine, dont la largeur en tombant eſt à peu près égale à l'ouverture de l'entonnoir, en ſorte qu'il ne peut s'y amaſſer de l'eau que de 5 ou 6 pouces de hauteur : Cette eau tombant entraine avec elle beaucoup d'air, qui la ſuit juſques au deſſous de l'entonnoir, & même juſques au fond de la cuve ; lequel ne peut reſortir par l'entonnoir à cauſe de la peſanteur de l'eau qui continuë de tomber, & de la viteſſe de ſon mouvement : On met à côté de la cuve un tuyau qui va en étréciſſant juſques auprès du trou du fond du fourneau, où le charbon doit être ſoufflé, & l'air preſſé & enfermé dans la cuve, ne pouvant ſortir par enhaut à cauſe de la chûte impétueuſe de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ni par embas à cauſe de l'eau qui s'y amaſſe, & qui s'éléve d'un pié ou de deux par deſſus les fentes qui reſtent entre la terre du fond & les douves de la cuve ; il eſt contraint de ſortir avec une très-grande force par le bout du canal, de maniére qu'il fait le même effet pour ſouffler le charbon, que les plus grands ſoufflets de cuir dont l'on ſe ſert ailleurs. Il doit donc arriver que l'eau qui tombe de la nuée en groſſes goutes & en grande abondance, entrainant beaucoup d'air, comme il a été prouvé ; cet air ne peut remonter quand il eſt proche de la terre, à cauſe des autres goutes qui tombent avec impétuoſité : il ne peut auſſi s'étendre vers le derriére de la nuée, parce qu'il eſt ſoutenu par le grand vent qui la chaſſe ; ni même par les côtez ou fort peu, parce que le même vent preſſe la nuée par les deux côtez. Il reſte donc que tout ſon effort ſe faſſe vers le devant de la pluië, & que cet effort joint à celui du vent qui emporte la nuée ſoit environ deux fois plus vîte que le vent qui la pouſſe, & que ce vent augmenté faſſe plus de 60 piés en une ſeconde ; alors il peut renverſer des arbres, comme on le prouvera enſuite. Il ne peut précéder la pluië que d'environ trois ou quatre cens pas pour l'ordinaire, par la raiſon qui a été dite, qu'un eſpace d'air de telle viteſſe qu'il ſoit pouſſé, ne peut continuer ſon mouvement bien loin en ligne droite ſi la cauſe de l'impulſion ceſſe. Je me ſuis confirmé dans cette hypothèſe en voyant d'une lieuë de diſtance une nuée épaiſſe d'où il tomboit de la pluië : car du côté d'où venoit le vent les goutes tomboient preſque toutes droites : mais dans le milieu & juſques aux premiéres goutes, elles faiſoient un angle de plus de 45 degrez comme en la Figure 6ᵉ, à laquelle A B eſt la nuée, B D le côté d'où vient le vent, & G H les goutes les plus avancées.

TAB. XIII. Fig. 6.

La même choſe doit arriver par la grêle ; & même ſi elle étoit fort épaiſſe, & les grains fort gros, ils entraineroient davantage l'air du haut en bas, & feroient une tempête encore plus impétueuſe, dont la viteſſe pourroit être de 75 piés par ſeconde. Les grands vents qui ſe font ſans pluië peuvent proceder de la combinaiſon de trois ou quatre cauſes, & ils viennent ordinairement du *Sud-Sud-Oüeſt*. Il peut donc arriver qu'en même tems, il s'éléve une très-grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons dans l'*Afrique* ; qu'il y faſſe très-chaud trois ou quatre

tre jours de suite; que les terres Septentrionales se refroidissent; & que la Lune descendant vers son périgée de son plus haut apogée, il se fasse un reflux de l'air qui a été porté par un *Nord-Est*: ces quatre causes ensemble feront un vent assez impétueux qui régnera successivement depuis l'*Afrique* jusques en *Angleterre*.

J'observai un jour une grande tempête à *Paris* venant du *Sud*, & j'appris ensuite par des Relations assurées, que deux ou trois jours auparavant il s'étoit fait un furieux orage vers les côtes d'*Alger*: cette Ville est à peu près dans le même Méridien que *Paris*; si ce vent faisoit 30 piés par seconde, il pouvoit arriver en deux jours d'*Alger* à *Paris*. Pour expliquer les ouragans qu'on sent presque tous les ans dans quelques-unes des Iles *Antilles*, il faut avoir recours à quelques autres causes: 1°. parce que ces tempêtes sont beaucoup plus violentes, & font plus de 100 piés en une seconde; 2°. qu'elles ne durent que sept ou huit heures; 3°. quelles ne se font guerres souvent ailleurs, que dans quelques-unes de ces Iles; 4°. qu'elles commencent ordinairement par un *Nord-Ouëst*, qui se change successivement en d'autres vents, savoir *l'Ouëst*; le *Sud-Ouëst*, le *Sud*, le *Sud-Est*, le *Nord-Est*, & le *Nord*; 5°. qu'on trouve dans les mers voisines de ces Iles quantité de poissons morts, & qu'on y sent des tremblemens de terre: De toutes lesquelles circonstances on peut conjecturer, que de la terre qui est au fond de ces mers, il se fait des éruptions d'exhalaisons salpétreuses & sulphurées en plusieurs endroits successivement qui ne peuvent être remarquées, parce que les vaisseaux qui se trouveroient en ces endroits seroient submergez: & il peut arriver que les premiéres éruptions s'étant faites du côté des terres du continent de l'*Amérique*, le vent qu'elle excitent du *Nord-Ouëst* peut se refléchir contre les côtes de la *Cayenne* & celles qui en sont voisines; & s'y faisant en même tems de nouvelles éruptions, les premiéres ayant cessé, le vent doit augmenter & venir du côté de *l'Ouëst*, comme l'assurent ceux qui en ont senti les effets; & ces éruptions de feux & d'exhalaisons salpétreuses & sulphurées doivent faire mourir quantité de poissons aux endroits où elle s'élévent. Ceux qui auront vû plusieurs de ces ouragans, & qui en auront remarqué beaucoup d'autres circonstances, pourront les expliquer avec plus de certitude.

SECONDE PARTIE.

DE L'ÉQUILIBRE DES CORPS FLUIDES.

PREMIER DISCOURS.

De l'Equilibre des Corps Fluïdes par la pesanteur.

Pour bien expliquer l'équilibre des Corps fluïdes entre eux ou avec les autres Corps, on peut se servir des Régles suivantes.

I. RÉGLE.

UN Corps ne résiste à être élevé de bas en haut, que selon qu'on l'éloigne du centre de la terre, & on peut mouvoir un Corps très-pesant avec une très-petite force, si on ne lui fait point changer de distance à l'égard de ce même centre.

L'expérience s'en fait en cette sorte.

Ayez un grand baquet plein d'eau dans un lieu fermé où il ne fasse point de vent: faites nager sur la surface de l'eau, le vaisseau G grand & pesant, & y attachez un très-petit fil de soie H I, & le tirez en sorte qu'il ne se rompe pas, c'est-à-dire avec très-peu de force; le vaisseau G suivra le filet: & quoiqu'il se fasse de petites vagues dans l'eau du baquet, & qu'il faille un peu de force pour la diviser; cela n'empêchera pas que le vaisseau n'aille assez vîte quand il sera proche du point D, si on accélére peu à peu son mouvement. Il est vrai que si on vouloit donner d'abord une vitesse considérable au vaisseau G, on romproit le filet, & même une corde assez forte, presque de même que si elle étoit attachée à un corps inébranlable; parce qu'un corps fort pesant ne peut recevoir un grand mouvement tout à coup, que par une très-grande force.

TAB. XIII. Fig. 7.

On confirmera encore cette vérité, si on suspend un très-grand poids à une longue corde en un lieu ouvert; car le moindre vent lui donnera du mouvement, quoiqu'il ne puisse se mouvoir sans s'éloigner un peu plus du centre de la terre que quand il est en repos. De là on voit la raison pourquoi il est facile de soutenir une boule comme D très-pesan-

TAB. XIII. Fig. 8.

te sur un plan fort incliné, comme A B : car étant trainée ou poussée depuis A jusques à B, elle ne s'éléve à l'égard du centre de la terre, que de la ligne B C, qu'on suppose perpendiculaire à la ligne horizontale A C; au lieu que si on l'avoit élevée perpendiculairement en même tems jusques à une hauteur égale à A B, elle auroit agi par toute sa pesanteur, & il auroit fallu une force beaucoup plus grande pour l'élever.

II. RÉGLE.

SI deux Corps sans ressort de même matiére se choquant horizontalement & directement ont leurs quantitez de mouvement égales, c'est-à-dire si leurs vitesses sont réciproques à leurs grosseurs, au moment du choc ils feront équilibre: on suppose que les corps d'une même matiére ont leurs poids proportionnez aux quantitez de leurs matiéres.

Suivant cette Régle, si un poids de deux livres allant avec une vitesse de quatre degrez en rencontre directement & horizontalement un autre de quatre livres qui ait deux degrez de vitesse, ils s'arrêteront l'un l'autre, & feront équilibre : Mais si le premier de deux livres va six fois plus vîte qu'un autre de dix livres, il l'emportera ; car le produit de 2 par 6, qui est douze, est plus grand que le produit de 10 par l'unité; On suppose que ces poids s'attachent ensemble en se rencontrant. De là on prouve facilement le Principe de Méchanique, qui a été mal prouvé par *Archiméde*, par *Galilée*, & par plusieurs Auteurs; savoir, que lorsqu'en une balance les poids sont réciproques à leurs distances du centre de la balance, ils font équilibre. Car soit la balance B A C; A le centre du mouvement; A C quadruple de A B; le poids B quadruple du poids C. Je dis que l'un des poids n'emportera pas l'autre : Car que le poids B, s'il est possible, emporte l'autre : Or il ne peut se mouvoir avec quelque vitesse que ce soit par l'arc B D en descendant, qu'il ne fasse aller le poids C 4 fois plus vîte par l'arc C E, puis que le demi diamétre A C est quadruple du demi diamétre A B, & alors les quantitez de mouvement de ces deux corps seroient égales, & une quantité de mouvement en auroit forcé une qui lui seroit égale; ce qui est impossible, puisqu'elles doivent faire équilibre par cette seconde Régle. Par la même raison le poids C ne pourra descendre : Mais si on l'éloigne un peu plus du point A, il descendra; car alors il pourra donner à l'autre poids une moindre quantité de mouvement que celle qu'il prendra, & par conséquent il le forcera. Et c'est une chose assez étrange que le poids B étant de trente livres & le bras A B d'un pié, on ne pourra soutenir ce poids en mettant la main dessous, & qu'on soutiendra facilement le poids d'une livre à 31 piés du point A, si le poids B est ôté ; car il n'aura que le poids d'une livre quand même on le mettroit à 100 piés de distance du point A : & cependant si l'on met-

TAB. XIII. Fig. 9.

en même tems le petit poids à 31 piés de distance du point A, & le gros à un pié, le petit emportera le grand; ce qui ne peut arriver que parce qu'il est disposé à donner en descendant une moindre quantité de mouvement au poids B que celle qu'il prend, & qu'ils agissent tous deux de toute la force de leurs poids par la premiére Régle, parce qu'ils ont une même direction vers le centre de la terre.

III. RÉGLE.

Lorsque deux poids n'ont pas la même direction vers le centre de la terre, & qu'ils sont disposez en sorte que l'un ne puisse se mouvoir, qu'il ne fasse mouvoir l'autre aussi vîte; il ne faut pas estimer la force de chacun par sa simple quantité de mouvement, mais par une quantité de mouvement respective, qui se trouve en multipliant chaque poids par sa vitesse à l'égard de son approche ou de son recul du centre de la terre.

EXPLICATION.

TAB. XIII. Fig. 10. A est un poids suspendu à la poulie B par E B A, qui soutient aussi la boule C D par le moyen de deux cordelettes attachées à l'Essieu de la boule, & au point E de la corde A B E. H G est une ligne Horizontale. H F est perpendiculaire. E B est paralléle au plan incliné G F représenté par la ligne G F. Il est manifeste que la boule est disposée à aller aussi vîte que le poids A, soit que le poids A descende, ou que la boule en descendant le fasse monter; mais lorsqu'elle aura parcouru l'espace F G en descendant obliquement, elle ne se sera approchée du centre de la terre que de la distance F H: on considére tous les points de la ligne H G de deux ou trois piés de longueur, comme s'ils étoient également distans du centre de la terre à cause que la différence en est insensible. Afin donc de savoir les forces de ces poids ou leurs quantitez respectives de mouvement, il faut multiplier le poids de la boule C D par la longueur F H, & celui de la boule A par une longueur égale à F G, puisque cette derniére boule fait autant de chemin en montant ou en descendant que la boule C D, & qu'elle va directement vers le centre de la terre. Or si F G est triple de F H, & que le poids de C D soit triple du poids A; on verra qu'il se fera équilibre entre ces poids, ce qui procéde des causes expliquées dans les deux premiéres Régles. Que si l'on ajoute quelque petit poids ou au poids A, ou au poids B, il descendra & fera monter l'autre faisant abstraction du frottement de la poulie & de l'essieu. On expliquera de même les équilibres qui doivent arriver quand le plan F G sera plus ou moins incliné, en y appliquant les mêmes régles, lesquelles on pourra appeller Principes d'expérience ou loix de la nature.

TAB. XIII. Fig. 11. Que si les poids comme A & B en la figure 11e. sont sur des plans dif-

différemment inclinez, comme CD, CF; DF étant supposée horizontale & CG perpendiculaire à DF, il faudra pour faire l'équilibre que le poids B soit au poids A comme la ligne CF à la ligne CD, & on le prouvera par les mêmes régles. Car si FH est prise égale à CD & qu'on tire HI parallele à CG, il est manifeste que pendant que le poids B iroit de F en H, le poids A iroit de C en D. Donc CG seroit la mesure de la vitesse du poids A à l'égard du centre de la terre, & HI celle du poids B allant de F en H en même tems. Mais comme FC à FH, ainsi CG à HI; & par la troisiéme Régle le poids B doit être au poids A, comme CG à HI, c'est-à-dire comme FC à CD pour faire l'équilibre. Et par conséquent ces poids ainsi disposez s'arrêteront l'un l'autre.

La même chose arrivera à des poids attachez aux extrémitez des rayons d'une roue: c'est-à-dire, qu'afin que le poids A situé à l'extrémité du rayon KA fasse équilibre avec le poids B, la ligne AK étant horizontale & la ligne BK élevée de soixante degrez sur AKF; il faut que le poids B soit double du poids A. Car la ligne BF étant tirée perpendiculaire au rayon KB jusques à ce qu'elle rencontre la ligne AKGF, le plan BF sera élevé de 30 degrez, & la perpendiculaire BG ne sera plus que la moitié de BF. Donc le mouvement du poids B vers F se faisant au commencement selon la tangente BF, ne s'avancera vers le centre de la terre que de l'espace BG, moitié de BF: au lieu que le poids A aura sa direction selon la tangente MAH, perpendiculaire à AKF, laquelle s'éloigne directement de ce centre; & par conséquent il sera disposé à aller deux fois plus vîte à l'égard de ce même centre que le poids B. Mais comme FB, à BG, ainsi le rayon KB ou AK, à KG. Donc le poids B fera le même effet à l'égard du poids A, que s'il étoit en G; c'est-à-dire que si AK est la mesure de la vitesse du poids A, KG sera la mesure de la vitesse du poids B. Mais AK est double de KG, comme FB est de BG. Donc le poids A sera réciproquement au poids B comme KG à KA, & par la 2 & 3ᵉ. Régle ces poids ainsi disposez feront équilibre, & l'un ne forcera pas l'autre. TAB. XIII. Fig. 12.

La même chose arrivera à des puissances qui étant attachées aux extrémitez des rayons égaux d'une roue tireront obliquement ou directement. Car soit au point L dans la ligne BG continuée directement en L une puissance tirant par la corde LB attachée en B selon la direction BL; & une autre puissance en M, tirant selon la tangente AM par la corde AM attachée au point A. Si ces puissances sont égales, elles ne feront point équilibre: mais la puissance en M forcera l'autre, & pour faire équilibre il faudra que la puissance en L soit à la puissance en M comme la ligne AK à la ligne KG; ce qui procéde de ce que la puissance en L ne fait point venir à soi directement le point B, mais il va selon la tangente BF au commencement du mouvement, & qu'en mê-

même tems la puiſſance en M va directement ſelon la tangente H A M. Or ſi l'on ſuppoſe B N indéfiniment petite dans la tangente B F, & que N Q ſoit perpendiculaire à B L, il eſt évident que le point B étant en N, le point L ſera venu en P, ſi N P eſt parallele & égale à B L; & L R & Q N étant parallèles à A F, R P ſera égale à B Q, & L P à B N. Or la puiſſance attachée au point M ſe ſera avancée ſelon la direction d'effort A M d'une ligne égale à B N ou L P, & la puiſſance en L ne ſe ſera avancée en même tems ſelon la direction d'effort B L ou N P, que de la ligne R P qui n'eſt que la moitié de B N ou L P, comme B G n'eſt que la moitié de B F. Donc il faudra pour faire équilibre entre les deux puiſſances, que celle qui eſt au point L ſoit double de celle qui eſt au point A, celle-ci tirant ſelon la tangente H A M, & l'autre ſelon la direction B L qui fait un angle de 30 degrez avec le rayon K B, de même qu'il faut que le poids B ſoit double du poids en A, afin qu'il faſſent équilibre.

De ces trois Principes d'expérience on tire une Régle générale pour toutes les forces mouvantes. Cette Régle ou Principe univerſel eſt telle.

PRINCIPE UNIVERSEL DE LA ME'CHANIQUE.

Lorſque deux poids ou deux autres puiſſances ſont diſpoſées enſorte que l'une ne puiſſe ſe mouvoir qu'elle ne faſſe mouvoir l'autre, ſi l'eſpace que doit parcourir un des poids ſelon ſa direction propre & naturelle eſt à l'eſpace que doit parcourir l'autre en même tems ſelon ſa direction propre & naturelle, réciproquement comme ce dernier poids eſt au premier; il ſe fera équilibre entre les deux poids : mais ſi l'un des poids eſt en plus grande raiſon à l'autre, il le forcera.

On peut prouver par ce Principe un effet ſurprenant qu'on ne peut pas prouver facilement par d'autres hypothéſes: ſavoir, que s'il y a pluſieurs bras égaux attachez à un même eſſieu A, comme A B, A C, & qu'on mette un poids E ſur le bras A B & un autre *b* ſur le bras A C au point F, en ſorte que les diſtances A E, A F ſoient égales, le poids en F étant rond & non attaché au point F, de maniére qu'il puiſſe rouler de F en C, mais qu'il en ſoit empêché par une glace de verre G C *g* très-polie ſituée perpendiculairement; alors pour faire l'équilibre il faudra que le poids E ſoit beaucoup plus grand que le poids *b*, ſavoir en la raiſon de A E à A H, ſi H F eſt une ligne perpendiculaire à B A G K, ce qui eſt le contraire de ce qui arrive quand le poids F eſt attaché au plan incliné A F C, car il faut alors pour l'équilibre que le poids F ſoit plus grand que le poids E en la même raiſon de E A à A H, comme il a été expliqué dans la Figure précédente.

TAB. XIII. Fig. 13.

Pour prouver ce paradoxe, ſoit tiré la ligne *f b e* horizontale paſſant par le centre de la boule *b*; il eſt évident que le point *e* eſt plus haut que

que le point d'appui F, & que *b e* eſt un peu plus grande que le demi diamétre *b f*. Mais pour faire cette démonſtration, on ſuppoſe le triangle F *h d* indéfiniment petit & le point F joint au point *e*, & que la perpendiculaire F *h* paſſe par ce point. Or la boule *b* en deſcendant fera tourner en rond le point C par l'arc C *d*; & ſi *d g* eſt égale au diamétre de la boule, le même bras ſera en la ſituation A *h d* lorſque le diamétre de cette boule ſera arrivé en *d g*, & le point d'appui F aura décrit l'arc F *h* en même tems que le centre de la boule ſera deſcendu par un eſpace égal à *e d*. Mais, ſi à cauſe de la petiteſſe de l'arc on prend l'arc F *h* pour ſa tangente, on aura le triangle F *h d* ſemblable au triangle A H F, & *d* F ſera à F *h* comme F A ou E A à A H. Et parce que le poids E ne s'éléve qu'à proportion de la ligne F *h*, l'eſpace paſſé par la boule en deſcendant directement depuis le point F juſques à *d* ſera à l'eſpace paſſé en même tems par le poids E en remontant directement, comme A E à A H. Donc le poids E pour faire l'équilibre doit être au poids *b* comme E A à A H par le Principe univerſel. Et parce que la boule tombe encore d'un peu plus haut que le point F, ſavoir du point *e*; il s'enſuit que les poids étant ſelon cette raiſon, le poids *b* deſcendra, & fera élever le poids E, ce que j'ai trouvé conforme à l'expérience: car ayant diſpoſé le bras A C enſorte qu'il faiſoit un angle de 60 degrez avec le bras horiſontal A H K, j'obſervai que le poids *b* étant double du poids E, il faiſoit équilibre avec lui quand je l'avois arrêté pour l'empêcher de rouler; mais l'ayant laiſſé libre après avoir mis une glace de miroir repréſentée par C G pour l'empêcher de rouler à côté, il fallut mettre le poids double en E & le ſimple en *b* pour faire l'équilibre, & même ajouter un petit poids en E. On prouvera par les mêmes raiſons, que ſi l'angle K A C étoit de 45 degrez, il faudroit pour faire l'équilibre, que le poids E fût le plus grand en la raiſon de la diagonale d'un quarré à ſon côté. On ne conſidére point ici que le centre de la boule F eſt un peu à côté du point d'appui.

Ces choſes étant ſuppoſées, on peut expliquer aſſez bien les équilibres des corps fluïdes.

Le plus leger, c'eſt-à-dire le moins peſant, des corps fluïdes eſt la flamme: mais parce qu'elle s'éléve dans l'air, & qu'elle ne ſe tient pas étenduë ſur quelques autres corps; elle ne peut faire d'équilibre par ſon poids, mais ſeulement par ſon choc & par ſon reſſort.

L'air, qui s'étend au deſſus de la terre & de l'eau, peut faire équilibre par ſon poids, par ſon choc, & par ſon reſſort, avec les autres corps fluïdes plus groſſiers, & même avec les corps fermes & durs. On prouve la peſanteur de l'air par les effets du Barométre: c'eſt un tuyau étroit de verre, de deux piés & demi ou de 3 piés de longueur, ſcellé hermétiquement par un bout; on l'emplit de Mercure ſans y laiſſer aucun air, & l'on ferme l'autre bout avec le doigt; & après avoir tourné en haut le bout ſcellé, on trempe le doigt dans d'autre Mercure mis dans

Zz un

un vaisseau; on ôte le doigt qui soutenoit le Mercure du tuyau, & alors il en tombe une partie dans le vaisseau, & après quelques balancemens il s'arrête enfin dans le tuyau à la hauteur de 27 ou 28 pouces; car selon les changemens des vents & de l'air, il monte quelquefois à 28 pouces & demi, & d'autres fois seulement à 26 & demi, & ordinairement il s'arrête à *Paris* à 27 pouces & demi environ.

Or cette élévation de Mercure ne peut être bien expliquée, qu'en supposant que la colomne d'air de même largeur que le diamétre intérieur du tuyau pése autant que les 27 ou 28 pouces de Mercure élevez dans le tuyau, en prenant cette colomne depuis la surface du Mercure qui est dans le vaisseau, jusques à l'extrémité de la plus haute région de l'air: Car si l'on porte le Barométre au haut d'une montagne ou d'une tour fort élevée, on voit diminuer peu à peu la hauteur du Mercure, & se réduire à 24 ou 25 pouces, comme étant alors chargé d'une moindre quantité d'air; & si l'on descend dans des caves ou dans des mines fort profondes, il se hausse peu à peu à mesure qu'on descend, comme étant successivement chargé d'une plus grande quantité d'air.

On peut encore connoître le poids de l'air & l'équilibre qu'il fait avec l'eau par les mêmes Régles, en supposant qu'un pouce de Mercure pése autant à peu près que 13 pouces d'eau, comme je l'ai connu par des expériences que j'en ai faites: Car 28 pouces de Mercure péseront autant à peu près que 383 pouces d'eau, qui font un peu moins que 32 piés: d'où il s'ensuit, que lorsque le poids de l'air fera monter le Mercure à 28 pouces quelques lignes, il fera monter l'eau dans un tuyau de 35 ou 40 piés jusques à 32 piés; & que lorsqu'il ne s'éléve qu'à 27 pouces $\frac{1}{2}$, l'eau ne doit s'élever qu'à 31 piés à peu près; ce qui s'est trouvé assez conforme à quelques expériences que j'en ai faites à l'Observatoire en la maniére suivante. Je fis faire à Monsieur *Hubin* Emailleur, un tuyau de verre de 40 piés de hauteur, qu'il ajusta dans du bois creusé afin qu'il ne se rompît pas en le maniant: il étoit de 5 ou 6 piéces, qu'il souda dans la grande Sale de l'Observatoire; & on éleva l'un des bouts jusques au haut de la plate-forme par l'ouverture qui y est, qui répond perpendiculairement au noyau creux du degré de la cave: on le descendit ensuite peu à peu jusques dans ce noyau, & on l'arrêta en le liant en plusieurs endroits à la rempe de fer: ensuite ayant été rempli d'eau après avoir fermé le bout d'embas, on appliqua au haut un bouchon de verre qui fermoit exactement le tuyau, & on y mit encore une vessie pour le mieux sceller: on emplit aussi d'eau un petit vaisseau qui étoit au dessous de l'autre bout jusques à ce qu'il trempât dans l'eau, & après qu'il fut débouché, l'eau tombant descendit jusques à 12 piés environ, mais il en sortit tant de bulles d'air qu'on ne pût remarquer où elle étoit remontée; enfin elle demeura à la hauteur de 29 piés, à cause du ressort de l'air des bulles qui étoient sorties de l'eau & montées au haut du tuyau. Deux jours après on y remit de l'eau

l'eau qui avoit été bouillie un peu auparavant pour en faire sortir la matiére aërienne; on fit l'expérience de même, & l'eau après quelques balancemens s'arrêta à 29 piés 4 pouces environ; on la vit monter peu à peu plus haut & s'arrêter à 30 piés 2 pouces, sans que les autres Barométres eussent changé. J'en attribuai la cause à ce que l'eau qu'on y avoit remise étoit mêlée d'un peu de bouë, & par conséquent pesoit plus que l'eau nette; mais cette bouë descendit en peu de tems au fond du petit vaisseau, & par ce moyen l'eau devenant peu à peu plus legére elle montoit peu à peu plus haut. Deux jours après j'observai que les Barométres communs étant à 27 pouces 9 lignes, l'eau de ce grand tuyau étoit montée à 30 piés 8 pouces; elle seroit montée un peu plus haut, s'il ne s'y fût pas élevé quelques bulles d'air qui la firent baisser: le Barométre commun étant à 28 pouces, elle monta encore plus haut, & descendit ensuite quand le Barométre commun revint au dessous de 28 pouces. D'où je connus que les Barométres d'eau ont des changemens proportionnez à ceux de Mercure, & qu'on peut prendre 32 piés d'eau pour la plus grande hauteur à peu près de ces Barométres, lorsque l'eau dont ils son remplis est de celles qui sont les moins pesantes & que la matiére aërienne en est sortie.

Pour la facilité du calcul on suppose ici que le poids de l'Atmosphére fait précisément équilibre avec 32 piés d'eau douce, & que le Mercure pése 14 fois davantage précisément.

On prouve encore le poids de l'air par une expérience assez curieuse. On prend une bouteille de verre A B, à laquelle on fait une ouverture de deux ou 3 lignes comme en C: on met dans le col G un tuyau de verre DE d'environ deux lignes de diamétre, & on l'y soude avec un mélange de cire & de térébentine ou avec de la poix, en sorte que l'air ne puisse passer entre-deux : ensuite on remplit la bouteille d'eau par l'ouverture C en la couchant, & même le tuyau E D en tenant fermé le bout D: & lors qu'on pose la bouteille en sa situation perpendiculaire, l'eau qui est dans le tuyau descend jusques en E, & il en sort autant par l'ouverture C, si l'extrémité E du tuyau est à la même hauteur que le milieu de l'ouverture C: que si le tuyau s'étend au dessous de l'ouverture comme jusques en I, l'eau cessera de couler, le tuyau étant vuide jusques à E, & la bouteille demeurera pleine d'eau jusques à la soudure vers G: que si le bout du tuyau est un peu plus haut que le dessus de l'ouverture C comme en L, & qu'il ait deux ou trois lignes de largeur; alors on verra sortir de l'air par ce bout ouvert & remonter au haut de la bouteille, & l'eau sortir en même tems par l'ouverture C jusques à ce qu'il n'y en ait plus au dessus du point C. Ces effets s'expliquent en la maniére suivante.

TAB. XIV. Fig. 14. 15.

Le poids de l'air extérieur fait effort vers l'ouverture C, pour repousser l'eau qui fait effort par son poids pour sortir, & l'air qui est au dessus du tuyau E D fait aussi un effort & agit par son poids sur l'eau

qui y eſt contenuë ; & ſe joignant au poids de cette eau, il doit forcer le poids de l'air qui agit vers C, ce qui fait que l'eau du tuyau deſcend juſques en E, & alors l'air fait effort d'un côté en E, & de l'autre en C, & ſoutiennent conjointement l'eau de la bouteille depuis E & C juſques à A H, & elles la ſoutiendroient quand même la hauteur C H ſeroit de trente piés le bout du tuyau étant au deſſous du bas de l'ouverture C. Mais lorſque le tuyau ne deſcend que juſques en L, alors l'eau depuis L juſques en E jointe au poids de l'air qui péſe ſur L, force l'air en C, & l'eau coule par C pendant que l'air deſcend de D en L & entre goute à goute dans l'eau par le bout ouvert L, & s'éléve au deſſus de la ſurface de l'eau qui eſt au deſſous du col de la bouteille. Si l'on penche la bouteille en ſorte que le point L & le milieu de l'ouverture C ſoient en une même ligne horizontale, on verra la moitié d'une goute d'air qui paſſera au deſſous du point L, mais qui ne ſe ſéparera pas du reſte, ſi l'on ne rehauſſe un peu le bout L.

Lorſqu'on a laiſſé entrer de l'air dans la bouteille en ſorte que la ſurface de l'eau ſoit en N O, & qu'on échauffe cet air avec la main pour le faire dilater, on fait ſortir quelques goutes d'eau par C quoique le bout du tuyau ſoit au deſſous de cette ouverture, & l'eau deſcendra comme juſques en *p q* : mais ſi on laiſſe refroidir cet air, on verra pendant quelque tems entrer des goutes d'air par C, à cauſe que l'air qui étoit deſcendu juſques en P Q ſe remet dans ſa premiére étenduë depuis N O juſques à A H ; & n'y ayant point d'eau pour remplir l'eſpace N O P Q, il faut que l'air y vienne du dehors par l'ouverture C.

L'eau n'a point de reſſort ſenſible, & elle ne fait équilibre avec les autres matiéres, que par ſon ſeul poids ou par ſon choc. Le premier équilibre qu'on y peut remarquer à l'égard de l'air, eſt qu'étant réduite à de très-petites goutes, elle devient plus legére que l'air, & s'éléve en vapeur, comme il a été dit ci-devant. On ne peut dire quelle petiteſſe doit avoir une petite parcelle d'eau pour faire équilibre avec l'air proche de la terre, parce que celles qui ſont un peu plus legéres que cet air ou un peu plus peſantes, ſont inviſibles ſéparément. On peut encore difficilement trouver la cauſe de ce qu'elles s'élévent : car ce n'eſt pas le mélange de l'air, puiſqu'elles péſeroient encore plus que l'air pur ; ce n'eſt pas la chaleur, parce qu'on voit des eaux très-froides jetter des vapeurs. On pourroit penſer qu'il y a de très-petits pores dans l'air, où il n'y a aucune matiére peſante, dans leſquels les très-petites parcelles d'eau ſe peuvent inſinuer & y monter, & celles qui ſont un peu plus groſſes n'y pourroient paſſer. Ces petites parcelles ſont enfin équilibre avec l'air, à une diſtance d'une lieuë ou de deux de la terre ; & elles y demeurent long-tems ſuſpenduës, juſqu'à ce que pluſieurs s'étant jointes enſemble, deviennent plus peſantes ; & ſi l'air devenoit très rarefié elles pourroient tomber.

On en voit l'expérience dans les machines pneumatiques ; car lorſ-

qu'on a pompé une partie de l'air, on voit troubler le récipient par la chûte des vapeurs, qui ne pouvant plus être ſoutenuës dans l'air à cauſe de la trop grande rarefaction, tombent en petites goutelettes ſur le verre qui les environne. Dans les endroits où il ſe fait de grandes chûtes d'eau, on y voit s'élever perpétuellement des vapeurs, qui ne ſont autre choſe que les parcelles de l'eau briſées par le choc; & quand une bouteille de ſavon vient à ſe rompre, une partie de l'eau dont elle eſt compoſée, tombe, & le reſte qui ſe reduit en des goutelettes trop petites, s'éléve comme des vapeurs.

I. RÉGLE

Pour l'équilibre de l'eau par ſon poids.

L'Eau étant dans un vaïſſeau ou dans pluſieurs qui ſe communiquent, a toujours ſes parties ſupérieures en même niveau; c'eſt-à-dire, en égale diſtance du centre de la terre.

EXPLICATION.

SOit le tuyau recoubé A B C d'égale groſſeur, dans lequel on verſe de l'eau par le bout A: elle montera auſſi haut dans l'autre branche du tuyau; c'eſt-à-dire que ſi D E eſt une ligne horizontale, & que l'eau dans la branche A G monte juſques en D, elle ſera dans l'autre juſques en E, quand on aura ceſſé de verſer, & que l'eau demeurera en repos. TAB. XIV. Fig. 16.

Car premiérement, ſi les branches ſont d'égale largeur & également inclinées à l'horizon, tout étant égal de part & d'autre, l'eau ne pourra pas demeurer dans les hauteurs inégales A & F, parce que le poids de l'eau A G ſera plus grand que celui de l'eau H F; & par conſéquent, en deſcendant il pourra prendre une plus grande quantité de mouvement qu'il n'en donnera à l'autre en montant, puiſque leurs viteſſes ſeront égales & leurs directions ſemblables. Donc par le Principe univerſel, l'eau ne pourra s'arrêter ſi elle n'eſt à une même hauteur dans ces deux branches. Que ſi l'on ferme avec le doigt le bout C avant que de verſer de l'eau par le bout A, & qu'on empliſſe d'eau la branche A G juſques à A; l'autre demeurera vuide, & il n'y montera point d'eau ou très-peu à cauſe de l'air qui l'occupe, ſi la branche A G n'eſt que de deux ou trois piés de hauteur: alors ſi on léve le doigt, l'eau de la branche A G deſcendra, & une partie paſſera dans l'autre branche, & s'élévera comme juſques en E, pendant que de l'autre part elle deſcendra comme juſqu'en N; & derechef elle montera comme juſqu'en D, & deſcendra juſques en M; & enfin, après pluſieurs balancemens elle s'arrêtera de part & d'autre à une même hauteur comme I F.

Lorſqu'en cette expérience l'eau commence à deſcendre de la branche A pour paſſer dans l'autre, elle accélére ſon mouvement, juſques à ce qu'elle ſoit en égale hauteur dans les deux branches, comme en I & F où doit être l'équilibre, & diminuë enſuite de viteſſe peu à peu, juſques à ce qu'elle ſoit aux points N & E ; elle redeſcendra de même en accélérant depuis la hauteur E juſqu'à ce qu'elle ait paſſé le même niveau I F, & diminuëra ſon mouvement juſqu'à ce que l'une des hauteurs ſoit en D, & l'autre en M ; & ces balancemens continuëront juſqu'à ce que l'eau ſoit arrêtée en I & F, de la même maniére que le plomb d'une pendule accélére ſon mouvement juſques au point de repos, qu'il le diminuë en remontant, & qu'il s'arrête enfin après pluſieurs balancemens.

TAB. XIV. Fig. 17. La même choſe arrivera dans un vaiſſeau A B C D, où il y aura de l'eau juſqu'en E F. Car ſi l'on y verſe de l'eau vers F, enſorte qu'elle s'éléve comme juſques en G ; elle ne demeurera point en cet état, lors qu'on ceſſera de verſer de l'eau nouvelle : car le poids de l'eau G K H C, étant plus grand que celui de l'eau K I L H, L H & H C étant ſuppoſées égales ; il forcera cette derniére par les mêmes raiſons, & fera éléver l'eau vers I K, & en même tems la ſurface ſupérieure G K étant en pente, l'eau coulera de G vers I ; & par les mêmes raiſons l'eau E B L I s'élévera auſſi : & enfin après pluſieurs mouvemens la ſurface ſupérieure de l'eau ſe mettra de niveau. De là on pourra expliquer ce qui arrive dans une eau dormante L M, lorſqu'on y jette une pierre comme en N : car la pierre faiſant éléver autour de ſoi l'eau en une vague circulaire, dont O & P repréſentent l'élévation, elle ne pourra demeurer en cette poſition ; mais la partie O couſera vers L, & en coulant elle pouſſera & élévera l'eau voiſine R, qui pouſſera & élévera la ſuivante, de maniére qu'il ſemblera que la même eau élevée en O, s'avance juſques en L.

TAB. XIV. Fig. 18.

La même choſe arrivera à la partie élevée P, & par ce moyen il ſe fera une vague circulaire qui s'éloignera du point N en s'élargiſſant toujours juſques aux rivages L & M, s'ils ne ſont pas trop éloignez ; & en s'y réfléchiſſant, il ſe fera une vague circulaire nouvelle, qui s'avancera de part & d'autre vers N, & s'agrandira toujours en circonférence en diminuant de hauteur, juſques à ce que toute l'eau ſupérieure ſe ſoit miſe de niveau.

TAB. XIV. Fig. 19. Soient maintenant les deux branches inégales en largeur, comme en la figure A B C D ; l'eau ſe mettra encore à même hauteur, comme E F dans les deux branches, & l'eau E B ne forcera point l'eau C F. Car ſoit la baze B G qu'on ſuppoſe quarrée, ſeize fois plus grande que la baze C ; & s'il eſt poſſible, que l'eau deſcende de E juſqu'en I, & qu'elle monte de l'autre part juſqu'en D : celle qui ſera deſcenduë de E en I, ſera égale à celle qui eſt en F D ; & les deux petits cylindres F D & E I auront leurs hauteurs réciproques à leurs bazes. Donc comme

me 16 à 1, ainsi la hauteur F D à E I. Or le cylindre EB étant 16 fois plus grand que le cylindre CF, il péfera 16 fois davantage. Mais l'espace passé en même tems par le petit cylindre, sera aussi 16 fois plus grand que l'espace passé par le grand cylindre, & leurs directions sont les mêmes étant perpendiculaires: Donc leurs vitesses auroient été reciproques à leurs poids, & ils auroient eu une égale quantité de mouvement, ce qui est impossible; car par le Principe Universel ces cylindres d'eau doivent faire équilibre, & l'un ne peut pas faire mouvoir l'autre, puisqu'ils sont disposez à prendre une égale quantité de mouvement selon la même direction.

Que si l'on verse de l'eau dans ce tuyau étroit jusques en D, elle ne pourra s'y arrêter que lorsque l'autre branche sera pleine jusques à A. Car soit la hauteur F D d'un pouce & sa baze un pouce, & F C 10 pouces; donc toute l'eau C D sera d'onze pouces cubes, & l'eau B E 160 pouces cubes. Si donc toute l'eau C D descend d'un pouce, l'eau E B montera de $\frac{1}{16}$ de pouce, savoir de la hauteur E L; & l'espace E L sera la mesure de la vitesse de l'eau B E, comme D F est celle de l'eau C D. Or 160 multipliez par $\frac{1}{16}$ donne 10 de quantité de mouvement, & 11 multiplié par 1 donne 11: Donc la quantité de mouvement de l'eau D C sera plus grande que celle de l'eau B E, ou ce qui est la même chose, la vitesse de l'eau de la petite branche aura plus grande raison à la vitesse de l'eau de la grande branche, que le poids de cette derniére au poids de l'autre; & par le Principe Universel l'eau du petit tuyau descendra. On tirera les mêmes conséquences pour les autres hauteurs inégales jusqu'à ce que les deux surfaces des eaux de ces branches soient de niveau, & elles ne s'arrêteront point qu'elles ne soient à même hauteur.

On peut encore considérer l'eau en A G, comme si elle étoit divisée selon sa longueur en seize petites colomnes quarrées, chacune égale à la petite colomne quarrée C D: & parce qu'aucune de ces petites colomnes ne peut monter plus haut ni descendre plus bas que les autres, on doit juger de même de la petite colomne C D, quoiqu'elle ne leur soit pas contiguë.

De là il s'ensuit, que si on met un corps flotant sur l'eau de la branche AB, & que le poids de ce corps soit égal à celui de l'eau qui occuperoit la hauteur A E après qu'on l'auroit ôté; l'eau de la petite branche demeurera toujours à la hauteur C D, & il se fera équilibre entre l'eau C D & l'eau B E jointe au poids du corps flotant, par les mêmes raisons ci-dessus.

Lorsque la petite branche est très-menuë, comme d'une demi ligne, ou d'un tiers de ligne, l'eau y monte plus haut qu'en l'autre branche d'un pouce ou de deux: ce qui arrive aussi quand on trempe dans l'eau un tuyau de verre, dont le diamétre est moindre qu'un quart de ligne; car elle s'y éléve à la même hauteur d'un pouce ou de deux par dessus le

le reste de la surface de l'eau, & toute cette eau qui s'éléve au dessus du niveau dans les tuyaux très-menus ou dans ceux qui le sont médiocrement, comme d'une ligne ou d'une demi-ligne, est égale sensiblement à une grosse goute d'eau qui étant attachée à quelques corps, demeure suspenduë sans tomber.

On voit le même effet dans l'expérience de la bouteille ci-dessus: car si le tuyau est très-étroit, comme d'une demi-ligne, l'eau n'y descendra que jusques vers L environ un pouce au dessus de E, & alors cette cause particuliére d'adhésion résiste à l'effort de l'air qui est sur l'eau dans le tuyau; & plus le tuyau est étroit, plus le point L sera élevé.

Quelques-uns attribuënt la cause de cet effet au poids de l'air, qui agit pleinement sur l'eau du tuyau large, & ne peut bien agir sur celle du tuyau étroit. Mais on doit rejetter cette cause. Car si l'on plonge un semblable tuyau dans du Mercure, il n'y monte pas si haut que le niveau du reste du Mercure, & toutefois le poids de l'air y doit agir de même qu'à l'égard de l'eau: & même si l'on trempe dans l'eau un de ces tuyaux étroits qui n'ait qu'un demi pouce de hauteur, l'eau y monte jusques au haut, quoiqu'alors l'air n'ait point de peine à s'y insinuer: joint à cela que si ce tuyau est gros ou qu'il ait été laissé longtems sans être mouillé, il contracte un certain enduit où l'eau ne s'attache point; & alors l'eau ne s'y éléve pas au dessus du niveau, quoique la cause du défaut du poids de l'air demeure la même sans changemens. Il faut donc expliquer cet effet par les mêmes causes qui font élever l'eau qui est dans un vaisseau de bois vers les bords jusques à plus d'une ligne & demi de hauteur avec une petite concavité, & qui font joindre deux goutes d'eau l'une à l'autre quand elles se touchent; desquelles causes on a parlé dans le premier Discours assez au long.

On voit un effet surprenant de l'équilibre dans l'expérience suivante.
TAB. XIV. Fig. 20. Ayez un tonneau de bois large de deux ou trois piés A B C D, plein d'eau, enfoncé par les deux bouts: Faites une ouverture au fond d'enhaut comme en E, pour y mettre un tuyau d'un pouce de largeur, si bien joint avec de la poix & de la filasse ou avec quelqu'autre matiére, que l'air n'y puisse entrer, & que ce tuyau étroit, savoir E F, ait 12 ou 15 piés de hauteur: Emplissez d'eau le tonneau par quelques trous qu'on fera au fond supérieur, & posez sur le fond sept ou huit cens livres de poids, qui le feront courber en concavité comme A M D: Si l'on met une marque blanche au dehors du tuyau, comme au point H, & à côté un peu plus haut une régle I L, plantée dans le mur voisin, & affermie de maniére qu'elle demeure immobile; en versant de l'eau ensuite peu à peu dans le tuyau étroit E F, vous verrez que quand il sera plein, le fond A M D se sera élevé avec les poids de 800 livres dont il est chargé, non seulement à son premier état A E D, mais même qu'il aura pris une courbure convexe, & que son élévation dans le mi-

milieu ſera autant élevée par deſſus le point E, que le point M étoit au deſſous auparavant; ce que l'on connoitra parce qu'on verra élever la marque blanche H, & paſſer peu à peu plus haut que la régle I L, dont on pourra meſurer la différence. Que ſi le tuyau eſt encore plus haut, l'élévation des poids ſera encore plus grande: d'où l'on juge que le peu d'eau qui eſt dans le tuyau, a autant de force pour élever ce grand poids & courber le fonds du tonneau en convexité, que ſi ce tuyau étoit de même largeur que le tonneau. Cet effet ſe prouvera par les mêmes raiſons ci-deſſus touchant l'eau de la petite branche C D, qui fait élever l'eau de la branche B A, lorſqu'elle n'eſt que juſques à E, quand même elle péſeroit 1000 fois davantage: Car la viteſſe que prendra l'eau du petit tuyau F E en deſcendant, ſera à celle du fond A D avec ſes poids en s'élévant, comme la ſurface de ce fond eſt à la ſurface de ce tuyau; c'eſt-à-dire, que ſi le tuyau a un pouce de diamétre & le fond 30 pouces, la ſurface du fond ſera 900 fois plus grande que celle du haut de l'eau du tuyau: Donc ſi l'eau du tuyau deſcend d'un pouce, celle qui touche le fond ſupérieur du muid ne s'élévera que de $\frac{1}{900}$ de pouce; & par conſéquent, ſi l'eau du tuyau péſe une livre, elle fera équilibre avec 900 livres: Donc elle fera élever les 800 livres qui ſont ſur le fond avec le peu d'eau qui paſſera au deſſus de A E D; mais il faut ſuppoſer que le fond s'éléve tout entier en même tems pour la juſteſſe du calcul & du raiſonnement.

Lorſque dans un ſyphon l'une des branches eſt inclinée, & l'autre perpendiculaire, étant toutes deux à peu près de même largeur, l'eau s'y mettra auſſi de niveau. Car ſoit le ſyphon A B C poſé en ſorte que la branche A B ſoit perpendiculaire, & que C B ſoit en un plan incliné: il eſt manifeſte que le poids de l'eau qui ſera en D B, ſera au poids de celle qui ſera en E B, comme la grandeur D B eſt à la grandeur E B. Mais ſi E D eſt une ligne horizontale, la force totale de l'eau E B pour deſcendre ſera à celle qu'elle auroit ſi elle tomboit perpendiculairement, comme la longueur E B eſt à la longueur D B. Donc elle fera équilibre à l'eau D B, dont la direction eſt perpendiculaire ſuivant le Principe univerſel: Car les eſpaces paſſez en même tems par les eaux de ces deux branches ſelon leurs directions naturelles vers le centre de la terre, feront en raiſon réciproque de leurs poids, c'eſt-à-dire de E B à D B, & par conſéquent l'eau E B ne forcera point l'eau B D. Le frottement plus grand dans la longue branche peut faire quelques différences, & donner un peu plus de peine pour faire mouvoir l'eau par le plan incliné E B; mais quand l'une ou l'autre des branches feroit plus groſſe, cela n'empêcheroit point l'équilibre par les mêmes raiſons qui ont été dites ci-deſſus. TAB. XIV. Fig. 21.

Lorſque dans les ſyphons qui ont une branche beaucoup plus groſſe que l'autre, comme en la figure 22e, on ferme le bout de la petite branche avec le doigt; & que la grande étant enſuite remplie d'eau, on TAB. XIV. Fig. 22.

on léve le doigt tout à coup: le premier mouvement de toute l'eau A B est retardé par la difficulté de l'issuë en G; mais le mouvement par F C, est beaucoup plus vîte en son commencement, que quand les deux branches sont d'égale largeur. D'où il arrive que, si l'on met un peu d'eau dans la branche F C, jusques à ce qu'elle remplisse le tuyau de jonction B C; & si après avoir fermé le bout F avec le pouce, on remplit l'autre partie A B jusques à la ligne horizontale E D, & qu'on léve ensuite le pouce tout à coup; l'eau montera plus haut que D comme jusques en F. Ce qui arrive parce que l'eau de la grande branche descendant, quoique lentement, fait monter très-vite l'eau dans la petite branche; & que toute l'eau se mouvant pour arriver à l'équilibre, elle se meut encore après y être arrivée par la vitesse acquise comme dans le syphon uniforme; ce qui fait que l'eau de la grande branche descend encore, & fait monter l'autre comme jusques à 3 ou 4 pouces au dessus de D, d'où elle redescend, & après quelques balancemens elle s'arrête enfin à la même hauteur dans les deux branches au dessous de E F: & quand le tuyau A B seroit tout plein avant que d'ôter le pouce, l'eau ne laisseroit pas de jallir deux ou trois pouces plus haut que F, si la branche A B est beaucoup plus large que la branche C D; car alors la descente & la montée dans cette branche large sera fort petite & presque insensible. Voici les expériences qui en ont été faites.

TAB. XIV. Fig. 23. On a pris un bacquet de fer blanc A B C D avec le tuyau E F de 4 pouces de largeur, où étoit soudé le tuyau recourbé de verre F G H; on emplissoit le bacquet & le tuyau E F après avoir mis le pouce en H pour empêcher l'air de sortir du tuyau G H; & quand on ôtoit le pouce, l'eau jaillissoit jusques en I environ trois pouces plus haut que la surface de l'eau D A; mais lorsque le tuyau de verre alloit jusques à 5 ou 6 pouces plus haut que A D, l'eau y montoit à environ 4 pouces plus haut que H, d'où elle redescendoit, & enfin se mettoit dans l'équilibre. On a fait la même expérience dans un tuyau L E F d'égale largeur par tout, G H demeurant toujours plus étroit que L E F, & l'eau jaillissoit plus haut que le point H, de même que quand le bacquet A D étoit au dessus de E F. Or en ces cas l'eau commence à monter assez vîte par G, & monte encore un peu plus vîte quand l'eau L E a acquis du mouvement. Mais cette vitesse par G H commence à diminuer quand l'eau des deux branches est arrivée à l'équilibre, c'est-à-dire à la hauteur où elle doit demeurer dans les deux branches, comme à celle de la ligne horizontale K M. Que si l'on met des liqueurs différentes dans les deux tuyaux, les plus legéres demeureront élevées dans les tuyaux plus haut que les autres selon les proportions réciproques de leurs pesanteurs, dont voici les régles.

REGLE DE L'EQUILIBRE DES LIQUEURS DIFFERENTES PAR LA PESANTEUR.

ON considére ici deux sortes de pesanteurs des corps : l'une qui procéde de la masse du corps, comme un pié cube de bois pése plus qu'un pouce cube de même matiére : l'autre procéde de la densité des matiéres ou de quelque autre cause par laquelle un corps pése plus qu'un autre de pareil volume; comme un pouce cube d'or pése plus qu'un pouce cube de fer. Nous appellerons pesanteur spécifique cette derniére pesanteur: ainsi la pesanteur spécifique de l'eau est plus grande que celle de l'huile: on ne considére point ici le poids de l'air dans lequel on pése les corps, quoiqu'à la rigueur on y doit avoir égard.

Soit donc dans le syphon A B C de l'eau en équilibre à la hauteur D E; qu'on verse tout doucement de l'huile dans la branche C B jusques à ce quelle soit à la hauteur C; il arrivera que l'eau descendra au dessous de E, & s'élévera au dessus de D en l'autre branche : soit la descente E F, & D G l'élévation, & soit tiré F H horizontale; alors l'huile F C sera à l'eau H G réciproquement comme la pesanteur spécifique de l'eau est à celle de l'huile, car l'eau F B fera équilibre avec l'eau B H: Donc l'huile F C fera équilibre avec l'eau H G: Or il est nécessaire pour faire que le tout demeure en cet état, que les parties H & F soient également pressées selon le Principe ci-dessus: Donc la quantité d'huile F C pésera autant sur F que l'eau H G sur H. La même chose arrivera au mercure & à l'eau : Car, si on met dans le syphon A B C du mercure jusques à la hauteur D E; & qu'on verse doucement de l'eau par C, inclinant un peu le syphon au commencement afin que l'eau ne se mêle point avec le mercure; & que l'eau soit élevée jusqu'en C, & le mercure jusqu'en I: l'eau descendra comme jusques à la ligne horizontale K L; & alors l'eau K C avec le mercure K B, fera équilibre avec le mercure B I: Et comme la pesanteur spécifique du mercure est à celle de l'eau, ainsi réciproquement la hauteur K C sera à la hauteur L I; & par ce moyen il sera facile de déterminer les pesanteurs spécifiques des liqueurs à l'égard l'une de l'autre, car si le mercure pése quatorze fois plus que l'eau, K C sera quatorze fois plus grande que L I. TAB. XIV. Fig. 24.

Ayant considéré l'équilibre des différentes liqueurs entr'elles, on peut considérer celui des corps fermés qui nagent sur l'eau, comme le bois, la cire, &c. En voici les régles.

RE'GLES DE L'E'QUILIBRE DES CORPS FERMES DONT LA PESANTEUR SPE'CIFIQUE EST MOINDRE QUE CELLE DE L'EAU.

I. RÉGLE.

Tout corps ferme plus pesant que l'air & plus leger que l'eau y étant mis, s'y enfoncera un peu & fera élever l'eau, & toute sa partie enfoncée sera au reste comme sa pesanteur spécifique à celle de l'eau.

TAB. XIV. Fig. 25. Soit dans la figure 25ᵉ. B C D E de l'eau dont la surface supérieure soit B C, contenuë dans quelque vaisseau: & soit A F G H un corps cubique plus leger spécifiquement que l'eau, & plus pesant que l'air; je dis qu'il ne demeurera pas sur la superficie de l'eau. Car la colomne quarrée d'eau K R L I seroit plus pressée qu'une colomne égale B E I K, puisque le poids du corps A H y seroit de plus. Donc le poids descendra, & entrera dans l'eau, mais il ne s'y cachera pas entiérement, parce qu'alors la colomne K R I L composée de ce corps & d'eau, seroit plus legére qu'une égale colomne d'eau B E I K. Soit donc son enfoncement jusques en K R, & que l'eau qui l'environne se soit élevée jusques en B C, qui sera plus haute qu'elle n'étoit auparavant à cause que la portion K G H R du corps occupe la place d'une partie qui est obligée de s'élever: je dis que l'eau contenuë en K G H R, dont le corps occupe la place, sera d'un poids égal au poids de tout le corps, c'est-à-dire que si une quantité d'eau égale en volume à K G H R pése autant dans l'air que le corps entier A F G H, il demeurera dans cette situation; & la portion K R G H de ce corps sera au total, comme la pesanteur spécifique de tout ce corps sera à celle de l'eau.

Ainsi, si le corps A F G H est à l'eau en pesanteur spécifique comme 3 à 4, la partie A F K R qui passera au dessus de l'eau sera le quart de toute sa hauteur. Car s'il pesoit 12 livres dans l'air, autant d'eau péseroit 16 livres; & par conséquent la partie K R G H péseroit 12 livres si elle étoit d'eau: elle ne pésera donc que 9 livres; & la partie au dessus de l'eau A F K R sera de 3 livres; & le tout pesera 12 livres, comme l'espace d'eau occupé par la partie du poids qui y entre qui sera 16 livres dans la même raison de 3 à 4: & par la premiére Régle le poids demeurera en cet état dans l'eau. Et parce que le liége est 4 fois moins pesant que l'eau, si l'on met dans de l'eau B C E D un cylindre de liége A F G H, il descendra; & si la superficie de l'eau est double de celle de la baze du cylindre, l'eau ne s'élévera que de la huitiéme partie de la hauteur du cylindre, & le cylindre ne descendra dans l'eau que de son quart, ensorte que la partie qui restera hors de l'eau sera les 3 quarts de tout le cylindre.

L'eau s'attache quelquefois aux corps legers, & s'éléve un peu en con-

concavité contre la partie au dessus de K, & quelquefois il se fait un petit enfoncement au dessous, comme il a été expliqué ci devant, ce qui pourroit faire quelque difficulté; mais ce peu d'eau qui s'élévera au dessus du reste de la surface de l'eau n'y pourra faire qu'un très-petit changement, & on ne le considére point ici.

Cette propriété de l'eau de s'attacher ou de ne pas s'attacher à de certains corps, fait quelquefois paroître des effets assez surprenants. En voici des exemples.

A B C est un verre à demi plein d'eau, dont la surface supérieure est D E. S'il y a une petite bulle d'écume pleine d'air comme F, ou une petite balle creuse de verre pleine d'air plus legére que l'eau, ou quelques autres corps semblables; elle ira vers les bords E ou D, & s'y tiendra comme collée: mais au contraire, si le verre est tout plein d'eau comme en A C, alors la petite balle K ne pourra approcher du bord; si on l'y pousse, elle reviendra vers le milieu en K. Mais il y a d'autres petits corps legers qui font des effets tout contraires. Prenez une petite balle de cire non mouillée, & la posez doucement sur l'eau en F, quand le verre n'est pas plein, elle fuira les bords; & si on la met en K vers le milieu quand le verre est plein, elle ira se précipiter vers C jusques à ce qu'elle touche le bord du verre. On peut expliquer ces effets en cette sorte. TAB. XIV. Fig. 26.

A B est la surface de l'eau quand le verre n'est pas plein. C D est le bord du verre où l'eau fait une petite élévation comme *e f g*. E est la boule de cire, qui étant grasse & posée doucement sur l'eau y fait un petit creux H I K, à cause que l'eau ne s'y attache pas; & la balle entre au dessous de la surface de l'eau A H K B jusques à ce que la partie qui est au dessous avec l'air qui est compris au dessous de la ligne horizontale ponctuée pése autant que l'eau qui y étoit contenuë dans l'espace compris de cette ligne ponctuée H K & de la ligne courbe H I K. Or si l'on fait avancer cette balle jusques vers *g*, lorsque le point K de l'extrémité de la concavité H I K veut s'approcher plus près du bord du verre que le point *g*, alors l'eau qui est en *e f* n'étant plus soutenuë par celle qui est au point *g*, descend, & repousse la boule jusques à ce que le point K soit joint au point *g* la courbure *e f g* demeurant en son premier état. TAB. XIV. Fig. 27.

Mais si ce verre est tout plein & que l'eau passe par dessus les bords sans se renverser, comme il se peut faire aisément, & comme on le voit en la figure 28[e]. où l'eau fait une convexité depuis L jusques au bord du verre B; alors quand la boule E se sera avancée jusques à ce que la section H I K rencontre la convexité L B, comme en *p*, ce point *p* sera plus bas que le point H de l'autre côté de la balle; & par ce moyen la balle se trouvera dans un penchant qui sera encore plus grand quand la même section s'approchera plus près de B, & cette pente deviendra toujours plus roide jusques à ce que la balle touche le ver- TAB. XIV. Fig 28.

re au point B, comme on le voit en la même figure de l'autre côté du verre.

TAB. XIV. Fig. 29. Par ces même raisons, lorsque deux de ces balles sont mises assez près l'une de l'autre, elles se joignent. Car soit la ligne A C D E F B le niveau de la surface de l'eau; C *a e* E, D *e b* F, les deux creux que font les balles; & le point *e* l'intersection des creux: il est évident que le point *e* sera plus bas que le niveau de l'eau A C F B, & que par conséquent il y aura une pente de part & d'autre; ce qui fera que les balles couleront jusques à ce qu'elles se rencontrent, comme on le voit en cette même figure. Que si l'une des balles est mouillée, en sorte que l'eau s'y puisse attacher, elles se repousseront l'une l'autre; ce qui se prouve de même: car dans la balle mouillée B en la figure 30, il se fait une élévation de l'eau comme C B & B D, & dans l'autre E un creux comme F G H; & si on les pousse l'une contre l'autre, l'eau s'élévera davantage vers C entre les deux balles & en une plus grande quantité, ce qui fera que les balles seront repoussées en arriére l'une de l'autre.

TAB. XIV. Fig. 30.

Que si les deux balles de la figure précédente sont mouillées, elles s'approcheront à cause de la concavité qui reste entr'elles; & elles se joindront par la même cause que deux goutes d'eau se joignent & ne font plus qu'une seule goute. Car les deux élévations d'eau B C, C D, dans la figure 31e, sont comme deux demi goutes qui doivent se joindre en se touchant tant soit peu.

TAB. XIV. Fig. 31.

C'est par la même raison que deux balles mouillées se joignent & qu'elles s'approchent des bords du verre quand il n'est pas plein; car il s'y fait une semblable élévation d'eau: & quand il est plein & que l'eau passe plus haut que les bords, la balle mouillée en est repoussée de la même maniére qu'elle est repoussée par une balle non mouillée; car s'approchant du bord du verre C, la petite élévation d'eau A B fait hausser plus haut celle qui est entre B & C, & alors toute l'élévation est plus forte que la seule D F qui n'est que concave; & par conséquent la boule sera repoussée du côté de D, ce qui est conforme à l'expérience.

TAB. XV. Fig. 32.

Cette difficulté qu'a l'eau de s'attacher à la cire, fait que quelquefois des corps plus pesans que l'eau ne coulent pas au fond; comme si le petit cylindre E K est de bouïs ou de quelque autre bois plus pesant que l'eau, & qu'il soit frotté de suif, ou enduit de quelque vernix qui empêche l'eau de s'y attacher, il demeurera suspendu & fera un enfoncement dans l'eau comme F G H K I L M. Car, l'espace d'air G F L M qui est au dessous du niveau A F M B, n'ayant point de poids, le fond O P ne fera pas plus chargé que C O qui lui est égal, & même on peut pousser un peu avec le doigt en embas le petit cylindre, sans qu'il aille au fond; pourvû que les courbures F G, M L, soient moindres qu'une ligne & demi: car pouvant être de 2 lignes sans que l'eau coule sur G L, il y aura plus d'air au dessus; & dès qu'on ôtera le doigt,

TAB. XV. Fig. 33.

le

le cylindre remontera, non pas à cause que l'air le retire à soi, mais parce que les colomnes d'eau qui sont à côté, dont les bases sont égales à P O, pésent plus & font remonter le cylindre G L. On peut mettre par ces mêmes raisons une petite aiguille sur de l'eau calme sans qu'elle enfonce, si elle est un peu grasse & seiche; mais dès qu'elle sera mouillée, l'eau s'y attachera, & il ne s'y fera point d'enfoncement où l'air se puisse loger, & elle ira au fond.

On peut s'étonner pourquoi la glace va au dessus de l'eau; car il semble qu'étant plus froide que l'eau coulante elle doit être plus condensée & par conséquent plus pesante. Mais il faut remarquer que la glace est toujours mêlée de quelques bulles d'air, comme il a été expliqué dans la premiére Partie; & c'est ce mélange qui la rend plus legére: & encore qu'en quelques endroits de la glace ce mélange ne soit pas visible à cause de la petitesse des parcelles d'air, on peut croire qu'il y en a toujours quelque peu, & que ce peu étant joint à la glace, dont la condensation à l'égard de l'eau n'est pas fort considérable, peut faire un composé moins pesant que l'eau.

La même chose arrive au plomb, à la graisse, à la cire, & à quelques autres matiéres semblables; car ces matiéres étant fonduës soutiennent les parties qui ne le sont pas encore, ce qui procéde de ce qu'il se fait toujours quelques intervalles vuides entre les parties de ces corps quand ils commencent à se durcir. Si l'on coupe une balle de plomb par le milieu, on y trouve vers le centre un vuide considérable. La graisse en se congélant devient opâque à cause des petits intervalles vuides qui s'y font, qui empêchent la lumiére de continuer en ligne droite par les diverses refractions & reflexions qu'elle y souffre.

Application de cette Régle.

SI l'on enferme un vaisseau vuide A B C D dans l'eau F E I L contenuë dans quelque vaisseau G L I H, tenant ce vaisseau vuide ensorte qu'il soit droit, & qu'il ne puisse pas se renverser; il faut autant de force pour en tenir une partie arrêtée à une certaine profondeur au dessous de la surface de l'eau E F, comme celle qu'il faudroit pour soutenir en l'air un poids M qui étant mis dans le fond du vaisseau A B C D le pourroit tenir en cette situation, lequel poids avec celui du vaisseau vuide doit être égal au poids de l'eau qui occuperoit l'espace N O D C, comme il a été expliqué ci-devant. TAB. XV. Fig. 34.

On peut appliquer cet effet à la glace qui se forme dans les riviéres autour des pilotis qui soutiennent les Ponts, pour juger si, la riviére venant à s'enfler, la glace qui est attachée aux pilotis les peut soulever & renverser le Pont. Car supposant que la glace ait un pié d'épaisseur, & qu'elle pése avec l'air dont elle est remplie moins d'un douziéme que l'eau; on fera aisément le calcul pour savoir quelle pesanteur peut l'em-

pêcher

pêcher de s'élever au dessus de l'eau : comme si elle a 400 piés de surface, ce sera 400 piés cubes, dont chacun ne pésera que 64 livres au lieu des 70 pour le pié cube d'eau ; & le produit de 6 différence de 64 à 70, étant multiplié par 400 est 2400 livres. Or si le poids des pilotis du Pont est plus grand que 2400, la glace n'arrachera pas les pilotis ; car il y aura encore de plus la résistance que font les pilotis par leur frottement contre le terrein ferme où ils sont engagez, pour être arrachez.

TAB. XV. Fig. 35. Si la glace n'étoit que du côté d'enhaut, & qu'elle fût extrémement longue comme AB, elle pourroit servir de levier, comme on le voit en la figure, en faisant son appui sur le dernier pilotis C D pour arracher les pilotis E F & G H ; mais il ne faudroit prendre la portion de sa force que depuis la moitié de la distance A B, à cause que chaque partie de la glace A B n'agit que selon sa distance jusques au point d'appui D. Que s'il y a aussi de la glace de l'autre côté & de la même longueur, alors elle employera tout son effort. Mais, comme ordinairement les Ponts ont beaucoup de pesanteur, ils sont plutôt emportez par le choc continuel des grands glaçons qui peu à peu les ébranlent, & les déracinent en les heurtant par en haut, que par le soulévement de la glace qui n'y peut pas faire un grand effort.

Si l'on met un corps fort leger dans des liqueurs différentes en pesanteur spécifique, la partie enfoncée dans l'une sera à la partie enfoncée dans l'autre, comme la pesanteur spécifique de l'une est à la pesanteur spécifique de l'autre.

Par ces mêmes raisons les Vaisseaux & les Bateaux chargez de marchandises doivent s'enfoncer dans l'eau jusques à ce que l'eau dont ils occupent la place au dessous du niveau, pése autant que le Vaisseau avec tout ce qui est dedans : D'où il est arrivé quelquefois que des Vaisseaux entrant de la mer dans des riviéres couloient à fond ; parce que l'eau douce étant plus legére que celle de la mer, l'espace de l'eau douce égal à celui qu'occupoit le Vaisseau entier étoit moins pesant que le poids du Vaisseau, & que dans la mer ce poids du Vaisseau étoit moins pesant.

II. RÉGLE.

LEs corps plus legers que l'eau étant retenus par force au fond de l'eau, & étant ensuite laissez en liberté, s'élévent au dessus de l'eau en la maniére suivante.

TAB. XV. Fig. 36. A B C D est l'eau contenuë dans le Vaisseau ; E F G H est le corps dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau : Or la colomne K I G H pése moins qu'une colomne d'eau de même volume I H B D, & par conséquent l'eau proche du point H, entre H & D, est plus chargée que celle qui est entre G & H, & par conséquent elle s'in-

s'insinuëra & coulera sous le corps G H & le poussera en haut. Les autres parties de l'eau qui sont au fond à la même profondeur que le dessous de ce corps, feront le même effet pour le pousser en haut; & comme il rencontrera plus haut de semblables dispositions, il sera toujours élevé jusques à ce qu'une partie soit au dessus de l'eau; & parce qu'il s'élévera avec vitesse, il passera un peu plus haut que l'endroit où il doit s'arrêter; mais il redescendra un peu plus bas que cet endroit, & enfin après quelques autres balancemens il s'arrêtera dans le lieu de son équilibre selon les Régles précédentes.

Que s'il y avoit un trou dans le fond du Vaisseau, comme L, par où l'eau coulât, le corps F H ne s'éléveroit point: car la même eau qui devroit pousser ce corps en haut, descend par l'ouverture, & l'entraine de son côté par sa viscosité; & étant pressé par dessus par la colomne d'eau K E I F, il demeurera toujours au fond de l'eau jusques à ce qu'elle soit toute écoulée.

Il est évident par ce qui a été dit ci-dessus, que si A B C D est un Vaisseau plein d'eau ayant une ouverture en E, l'eau qui est à côté comme en F, étant pressée par toute l'eau supérieure, sera pressée vers l'ouverture avec plus de force que celle qui est au dessus perpendiculairement, comme en I. Si le point G est plus éloigné du point E que le point F, on en verra l'expérience en y laissant tomber un petit morceau de papier tortillé & mouillé, ou quelqu'autre petit corps un peu plus pesant que l'eau, comme des fragmens de scieures de bois: Car dès qu'on ôtera le doigt qui soutenoit l'eau en E, l'eau coulant sera suivie du papier en F: ce qui fera connoître que les parties de l'eau proche de ce petit corps, y sont poussées de même que les autres parties qui sont les plus proches de l'ouverture, & qui sont comprises dans une demi Sphére comme Q H I L N; celles qui seront les plus proches comme en M ou F, iront succéder à celles qui coulent plus vîte que les plus éloignées, comme H ou L, & beaucoup plus que celles qui sont comme en G ou plus haut en O. On en fera l'expérience en laissant tomber de petites parcelles de quelques matiéres dans l'eau avant que d'ôter le doigt: Car on verra que celles qui seront en H ou L, & qui tomboient perpendiculairement, seront détournées pour aller par les rayons de la demi Sphére H E & L E avec une plus grande vitesse que de semblables petits corps qui seront en O ou en G. La même chose arrivera si l'ouverture est comme en P au lieu d'être en E: Car les petits corps qui seront dans la demi Sphére K R S, y couleront dès qu'on aura ôté le doigt; c'est par cette raison que si on perce un tonneau de vin à un doigt au dessus de la lie, & que le trou soit assez grand, les parties de la lie les plus proches monteront pour y passer & rendront le vin trouble. Lorsque les ouvertures E ou P sont fort petites, la demi Sphére ne s'étend pas si loin que quand elles sont grandes.

TAB. XIV. Fig. 37.

III. RÉGLE.

Les corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, tomberont au fond.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 38. Soit A le corps plus pesant que l'eau : il descendra de la même maniére dans l'eau que dans l'air, sinon qu'il descendra moins vîte : l'eau B qui sera immédiatement au dessous, sera poussée en bas par ce corps, qui choquant l'autre plus bas la poussera à côté vers C & D en circonférence, & toute l'eau du Vaisseau sera mise en mouvement ; & quand le corps sera descendu comme en B il se fera d'autres tourbillons pour remplir la place qu'il quittera jusques à ce qu'il touche le fond.

IV. RÉGLE.

Les corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, perdent dans l'eau autant de leurs poids qu'en a l'eau dont ils occupent la place.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 39. Suspendez le corps A B dans l'eau par la corde C D : supposé qu'on en ait ôté intérieurement la partie E, ensorte que le reste pése autant que l'eau qui rempliroit tout l'espace A B si ce corps étoit ôté ; il est évident qu'il fera alors équilibre avec autant d'eau située à côté, & par conséquent qu'il ne péseroit rien sur la corde C D, non plus que si on la trempoit dans l'eau sans le corps : Donc si l'on entend que la partie E y soit remise, tout le corps ne pésera sur C D qu'autant que pése la partie E ; d'où il s'ensuit ce qui avoit été proposé. De là on peut trouver le moyen d'examiner la pesanteur spécifique de tous les corps qui pésent plus que l'eau, tant à l'égard de l'eau que des autres corps. Car soit par exemple le corps A B d'or ; il faudra le peser dans l'eau avec une balance l'attachant à l'un des bassins par une cordelette & mettant un poids d'égale pesanteur dans l'autre bassin ; on le laissera tremper ensuite entiérement dans l'eau, & s'il faut ôter $\frac{1}{18}$ du poids qui lui faisoit équilibre dans l'air pour continuër l'équilibre lorsqu'il est dans l'eau, on connoitra que la pesanteur spécifique de l'or est à celle de l'eau comme 18 à 1 ; & si le corps est de plomb & qu'il faille ôter $\frac{1}{11}$ du poids qui lui faisoit équilibre dans l'eau, on connoitra que la pesanteur spécifique de l'eau à l'égard du plomb est comme 1 à 11, & ensuite que celle de l'or à l'égard du plomb est comme 18 à 11. De là on

on pourra connoître si une piéce d'or est fausse sans l'altérer: car si dans une semblable expérience elle perd dans l'eau $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{14}$ de son poids, on jugera qu'il y a d'autres métaux mêlez en assez grande quantité, comme le tiers ou la moitié, & qu'elle est fausse; mais si elle ne perdoit que $\frac{1}{17}$, on pourroit la prendre pour bonne, parce qu'il y auroit très-peu de mélange. Que si l'on suspend dans un seau avec une corde un grand corps cylindrique de verre ou de métail, ensorte qu'il le remplisse à peu près sans toucher le bord ni le fond, & qu'on y verse de l'eau pour remplir les vuides jusques à la hauteur du corps cylindrique; alors celui qui supportoit le seau facilement avant qu'on y eût mis l'eau, aura de la peine à le supporter, car il pésera autant que s'il étoit plein jusques à la hauteur de ce corps après qu'il seroit ôté; & celui qui soutenoit la corde sera déchargé d'autant de poids que seroit le poids de l'eau dont le corps cylindrique occupe la place: la raison est, qu'alors ce corps suivroit les mêmes régles que les corps qui sont soutenus dans l'eau, dont le poids diminuë du poids d'un pareil volume d'eau que celui qu'ils occupent; & par conséquent celui qui soutiendroit la corde se sentiroit déchargé d'un poids égal au poids de l'eau d'un pareil volume que le corps cylindrique, & l'autre qui auroit la main sous ce seau, outre le poids du seau soutiendroit autant de poids que celui dont l'autre se sentiroit déchargé, & encore celui du peu d'eau qu'on y auroit versée.

Quelquefois les corps plus legers que l'eau vont au fond par une cause assez facile à expliquer: en voici une expérience. Ayez un verre cylindrique de 7 ou 8 pouces de hauteur & de trois ou quatre de largeur, comme A B C D, qui ait une ouverture E au milieu du fond, d'environ 3 lignes: emplissez le verre d'eau tenant le doigt sous E, & mettez au dessus de l'eau une petite balle de cire F qui puisse passer par l'ouverture E: & lors que l'eau sera calme & arrêtée, ôtez le doigt & laissez couler l'eau; la cire descendra de même que la surface de l'eau, & passera par E avec la derniére eau. Mais si vous donnez un grand mouvement circulaire à l'eau, soit en la versant de travers contre les bords du verre ou autrement, lorsque vous ôterez le doigt de l'ouverture, vous verrez descendre la balle incontinent après que l'eau aura commencé à couler, & faire un vuide dans le milieu de l'eau où l'air s'insinuë comme depuis H jusques à E; & ce vuide ne se remplit point que toute l'eau ne soit écoulée, & l'on voit toujours comme une colomne d'air torse depuis le haut de l'eau jusques à l'ouverture E. TAB. XV. Fig. 40.

Cet effet s'explique en cette maniére. L'eau qui est dans la demi Sphére C I L M D est poussée vers E, lorsque l'eau est calme & sans mouvement considérable, comme il a été prouvé; & elle succéde à celle qui sort avant que celle qui est vers H y soit descenduë: Mais lorsque l'eau a un grand mouvement circulaire, les parties laterales vers M & I ou *r* & *s* ne peuvent arriver vers E qu'après 4 ou 5 tours en spi-

rale, & même elles font portées vers les bords du verre à cauſe qu'elles ſont pouſſées ſelon les tangentes des cercles qu'elles décrivent : d'où il arrive que la colomne entiére F E y tombe d'abord & y paſſe toute avec la petite balle de cire qui eſt au deſſus ; & parce que l'eau qui eſt à côté de cette colomne qui s'eſt écoulée, ne peut pas remplir ſa place aſſez vîte à cauſe de ſon mouvement circulaire qui n'y a pas ſa direction, il eſt néceſſaire que l'air ſupérieur par ſon poids & ſon reſſort s'y inſinuë, & y demeure toujours juſques à la fin de l'écoulement.

Il arrive quelquefois que la petite balle n'eſt pas directement ſur la colomne, & alors elle eſt portée un peu à côté entre deux eaux ; même ſi elle revient vers le milieu, la colomne d'air la repouſſe par ſon reſſort juſques vers les bords du verre : Mais enfin elle entre dans la colomne vuide & paſſe enſuite par l'ouverture en tournoyant très-vîte avant que la moitié de l'eau ſoit écoulée.

C'eſt par les mêmes raiſons que, s'il y a une grande ouverture ſous le fond d'une eau profonde ſoit d'une riviére ou de la Mer, par où l'eau s'écoule vers des lieux éloignez plus bas, comme on dit que la mer *Caſpienne* s'écoule dans le *Pont Euxin*, l'eau entraine les Vaiſſeaux qui paſſent par deſſus ce gouffre : Car l'eau y tombant de biais prend toujours ſon mouvement tournoyant, & fait le même effet à l'égard des Vaiſſeaux qui paſſent par deſſus, que l'eau tournant dans le verre A B C D à l'égard de la balle de cire. On dit auſſi qu'il y a dans quelque Mer proche de la *Suéde* un ſemblable tournoyement d'eau où les Vaiſſeaux s'abaiſſent, & qu'on en a vû quelquefois les débris en un endroit d'une Mer voiſine qui eſt plus baſſe. Il eſt aiſé de juger que l'eau employe plus de tems à s'écouler par l'ouverture E quand elle tourne en rond, que quand elle ne tourne point, puiſqu'au premier cas l'air occupe une partie de cette ouverture.

SECOND DISCOURS.

De l'Equilibre des corps fluïdes par le reſſort.

L'Air & la Flamme agiſſent par leur reſſort pour faire équilibre avec les autres corps. Le reſſort de l'air ſe manifeſte par pluſieurs expériences ; ſoit dans les Barométres, où il ſe dilate beaucoup ; ſoit dans les arquebuſes à vent, où il ſe condenſe extrêmement : mais il eſt très-difficile de bien expliquer ces dilatations & ces condenſations. Pour en donner quelque idée, on peut conſidérer toute l'étenduë de l'air de bas en haut, comme un grand amas d'éponges ou de balles de cotton, dont les plus hautes auroient leur étenduë naturelle : mais celles du deſſous étant preſſées par le poids des ſupérieures ſe réduiroient à une très-petite épaiſſeur, & elles reprendroient leur premiére dilatation, lorſqu'el-

qu'elles feroient déchargées du poids des autres. Suivant cette hypothêfe on peut dire que l'air d'ici bas fait équilibre par fon reffort avec le poids de tout le refte de l'air dont il eft chargé : enforte que fi cet air fupérieur devenoit plus pefant ou qu'on y en mît davantage, l'air inférieur fe condenferoit un peu plus qu'il n'eft ; & fi le fupérieur devenoit moins pefant ou s'il avoit moins d'étenduë, l'inférieur fe dilateroit davantage. On peut comparer auffi le reffort de l'air à un reffort d'acier qui fe preffe & fe ferre davantage quand on le charge d'un plus grand poids, & qui fe reléve & s'étend quand on ôte une partie du poids : & comme on peut dire qu'un reffort d'acier étant preffé & reduit à une certaine figure par un poids, fait équilibre dans cet état avec ce poids ; on peut dire de même que l'air d'ici bas condenfé comme il eft, fait équilibre par fon reffort avec tout le poids de l'Atmofphére.

Plufieurs expériences font voir que la condenfation de l'air fe fait felon la proportion des poids dont il eft chargé : En voici une affez facile. Prenez un tuyau de verre recourbé A B C, fermé au bout C, & TAB. XV. Fig. 41. ouvert à l'autre : verfez y un peu de mercure jufques à la hauteur horizontale D E, afin que l'air enfermé C E ne foit ni moins ni plus dilaté que celui qui eft dans l'autre branche ; car fi le vif-argent étoit un peu plus haut dans une des branches que dans l'autre, l'air y feroit moins preffé. Il faut que la hauteur E C foit médiocre, comme de 12 pouces, telle qu'on l'a fuppofée en cette figure ; & l'autre D A, tant grande qu'on pourra. Le mercure étant donc de part & d'autre à la même hauteur vers D & E, & n'y ayant plus de communication de l'air E C avec celui de D A ; verfez par le bout A avec un petit entonnoir de verre, du mercure nouveau, prenant garde de ne point faire entrer d'air dans l'efpace C E : vous remarquerez, que le mercure montera peu à peu vers C, & condenfera l'air qui étoit en C E ; & que fi E F eft de fix pouces, F G étant une ligne horizontale, le mercure fera monté dans l'autre branche jufques en H, fi ce point eft diftant de 28 pouces du point G, & que les barométres foient alors à la hauteur de 28 pouces dans le lieu de l'obfervation ; car s'ils n'étoient qu'à 27 & demi, auffi G H ne feroit que de 27 pouces & demi. Or en cet état l'air en F C eft preffé par le poids de l'Atmofphére qu'on fuppofe égal à celui de 28 pouces de mercure, & encore des 28 pouces qui font en l'efpace G H ; & par conféquent il eft chargé d'un poids double de celui dont eft chargé l'air, qui eft dans le lieu où fe fait l'expérience, & qui eft femblable à celui qui étoit en E C avant qu'il fût condenfé par le poids du mercure G H. On verra donc manifeftement dans cette expérience, que l'air E C aura fuivi en fa condenfation la proportion des poids. On trouvera la même proportion dans les autres expériences en faifant le calcul en cette forte. Il faut prendre pour premier terme la fomme du poids de l'Atmofphére & du mercure qui fera monté

plus haut que le bas de l'air dans la branche E C; pour second terme, le poids de l'Atmosphére, c'est-à-dire 28 pouces de mercure; pour troisiéme, la distance E C; & le quatriéme proportionnel sera l'espace ou hauteur où se réduira l'air enfermé dans le tuyau E C: comme si l'air étoit seulement reduit à l'espace I C de 8 pouces, on trouveroit que le mercure seroit en l'autre tuyau seulement 14 pouces plus haut que la ligne horizontale I L. Or ces 14 pouces avec les 28 de l'Atmosphére font 42: il faut donc dire suivant cette régle, comme 42 pouces est à 28 pouces, ainsi l'étenduë de l'air E C est à l'étenduë I C. Que si on vouloit reduire ce même air en l'espace M C de 3 pouces, qui est le quart de E C; il faudroit mettre 84 pouces de mercure dans la branche D A au dessus de la ligne horizontale M N, & on trouveroit cette proportion par le calcul suivant: Comme M C 3 pouces est à M E 9 pouces, ainsi 28 pouces poids de l'Atmosphére, est à 84: car en changeant, 84 sera à 28 comme 9 à 3; & en composant, 84 plus 28, c'est-à-dire 112, sera à 28 comme 9 plus 3, c'est-à-dire E C 12, à 3. Et si l'on veut savoir quelle hauteur de tuyau il faudroit pour reduire cet air en l'espace O C d'un pouce, il faut dire, comme O C un pouce, est à O E 11 pouces, ainsi 28 pouces de mercure poids de l'Atmosphére, à 308; & 308 sera la hauteur verticale qu'il faut donner au mercure au dessus du point O ou P: par où l'on connoîtra que pour faire cette expérience il faut que la branche D A soit plus haute que 308 pouces, c'est-à-dire qu'il faut qu'elle soit d'environ 320 pouces afin qu'il reste un espace au dessus du mercure pour empêcher qu'il ne verse.

TAB. XV. Fig. 42. La même chose arrivera si la branche E C est beaucoup plus large ou beaucoup moindre que la branche D A. Car si l'on y verse du mercure jusques à ce qu'il monte à la hauteur G F, G H hauteur du mercure dans l'autre branche sera de 28 pouces: car comme le mercure D G fait l'équilibre avec le mercure E F, quoiqu'en beaucoup plus grande quantité, comme il a été prouvé ci-devant à l'égard de l'eau, aussi le ressort de l'air en F C fera équilibre avec le mercure G H, puisqu'il le soutiendroit si G H étoit de même largeur que F C; & par conséquent il fait autant d'effet que si la branche E C étoit aussi haute que l'autre, & qu'il y eût du mercure jusques à la même hauteur H: j'en ai fait les expériences suivantes. Ayant fait verser du mercure jusques à L, qui étoit le tiers de E C, il s'en trouva 14 pouces moins $\frac{1}{4}$ au dessus de I L dans l'autre branche; & il s'y en trouva 27 pouces $\frac{1}{2}$ au dessus de G F, quand l'espace E F moitié de E C en fut plein; & y en ayant fait mettre jusques à 44 pouces $\frac{1}{2}$ au dessus de N M, M C se trouva de trois parties $\frac{4}{7}$ un peu plus de telles parties que E C en contenoit 10, ce qui fait toujours la même proportion, car les barométres étoient alors à 27 pouces $\frac{1}{2}$: Par de semblables raisons si la branche E C étoit beaucoup plus étroite que l'autre, l'air qui y seroit enfermé,

fe-

feroit de ſemblables équilibres par ſon reſſort avec le mercure de l'autre branche. On verra les mêmes proportions lorſque l'air ſera plus raréfié que celui du lieu où ſe fait l'expérience ; ce qu'on éprouvera en cette ſorte.

Ayez un Barométre A B de telle grandeur que vous voudrez, comme par exemple de 38 pouces ; faites y une marque à un point comme Z, à un pouce au deſſus du bout ouvert B, afin que ce bout étant plongé dans le mercure du petit vaiſſeau C D E juſques à cette marque, il reſte 37 pouces au deſſus. Empliſſez le tuyau de mercure & y laiſſez 9 pouces d'air, afin que quand le tuyau ſera renverſé comme on le voit en la figure, & ſoutenu avec le doigt, il y ait 9 pouces d'air au haut du tuyau. Alors ſi vous trempez le doigt avec le bout du tuyau dans le mercure du petit vaiſſeau, & que vous ôtiez enſuite le doigt, le mercure deſcendra & s'arrêtera après quelques balancemens à 21 pouces : ce qui doit arriver pour conſerver la proportion des poids & des condenſations expliquées ci-devant : & on peut le prouver en cette ſorte. TAB. XV. Fig. 43.

DÉMONSTRATION.

SOit le tuyau A B de 38 pouces ; Z B d'un pouce ; A H de l'air enfermé au deſſus du mercure H B de telle étenduë qu'on voudra, ſoutenu avec le doigt en B. Je dis premiérement, que ſi on ôte le doigt, le mercure deſcendra : car d'autant que l'air A H eſt condenſé de la même maniére que celui du lieu où ſe fait l'expérience, il doit faire par ſon reſſort équilibre avec tout le poids de l'Atmoſphére, comme il a été éprouvé ; & étant joint avec le poids du mercure en Z H, ces deux puiſſances enſemble ſurpaſſeront le poids de l'Atmoſphére, & il faudra de néceſſité que l'air A H ſe dilate, & qu'une partie du mercure deſcende : Mais il ne deſcendra pas entiérement ; car s'il deſcendoit entiérement, l'air A H ſe dilateroit beaucoup, & en cet état il ne pourroit plus faire équilibre avec le poids de l'Atmoſphére : d'où il ſuit qu'une partie du mercure doit demeurer dans le tuyau. Je dis encore, que ſi A H eſt de 9 pouces, qu'il ſe dilatera & repouſſera le mercure, en ſorte qu'il demeurera élevé de 16 pouces au deſſus de la ſurface ſupérieure du mercure F Z G : Soit cette élévation Z L : Or alors il y aûra équilibre entre le poids de toute la colomne d'air de l'Atmoſphére, & le reſſort de l'air dilaté A L joint au poids des 16 pouces de mercure Z L ; & parce que le complément de 16 à 28 eſt 12, l'air dilaté A L fera équilibre par ſon reſſort au poids de 12 pouces de mercure qui reſtent pour le poids de l'Atmoſphére au delà des 16 pouces : Mais comme 28 à 12, ainſi A L de 21 pouces eſt à 9 : D'où il ſuit que le mercure doit demeurer à 16 pouces d'élévation au deſſus de la marque Z, lorſqu'on laiſſe 9 pouces d'air dans le tuyau au deſſus du mercure, à cauſe que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt char-

chargé. Que si le mercure dans une autre expérience se mettoit à 21 pouces, on pourra juger suivant la même Régle, que puisque ces 21 pouces de mercure font équilibre avec les $\frac{3}{4}$ du poids de l'air, le quart restant qui doit valoir 7 pouces, sera soutenu par le ressort de l'air raréfié qui est renfermé dans le tuyau, selon la distinction de l'Equilibre des ressorts: Or 28 pouces de mercure poids entier de l'Atmosphére est à 7 pouces, comme 16 pouces d'air dilaté est à 4 pouces d'air; d'où l'on jugera qu'il faut laisser 4 pouces d'air dans le tuyau au dessus du mercure, afin qu'il se mette à 21 pouces, & que l'air se dilate à 16 pouces. Que si on veut reduire le mercure à 14 pouces qui est la moitié du poids de l'Atmosphére dans le même tuyau au dessus de la marque Z, il faut considérer qu'il restera 23 pouces jusques à A, & que l'air dilaté de 25 pouces doit faire équilibre par son ressort à la moitié restante du poids de l'Atmosphére. Il faudra donc dire, que comme 28 est à 14 suplément de 14 à 28, ainsi 23 d'air dilaté qui remplit le tuyau au dessus des 14 pouces, est à $11\frac{1}{2}$: ce qui fera connoître qu'il faut laisser 11 pouces & demi d'air ou dessus du mercure dans le tuyau de 38 pouces avec l'expérience; & il paroîtra manifestement que le ressort de l'air enfermé ne faisant alors équilibre qu'avec la moitié du poids de l'air de l'Atmosphére, puisque les 14 pouces de mercure font équilibre avec le reste, il se sera raréfié en proportion double. Et par toutes ces expériences on pourra juger en se servant de la Régle expliquée ci-devant, quelle quantité d'air il faudra laisser dans un tuyau grand ou petit, afin que le mercure s'y mette à telle hauteur qu'on voudra: Car quand le tuyau seroit seulement de six pouces au dessus de la marque Z, on trouvera les mêmes proportions en faisant le calcul de même: comme par exemple, si 2 pouces est la hauteur donnée du mercure, & qu'on ait trouvé que comme 28 est à 26 complément de 2 à 28, ainsi 4 espace de l'air dilaté au dessus des deux pouces de mercure est à $3\frac{5}{7}$; 3 pouces $\frac{5}{7}$ sera la quantité d'air qu'il faudra laisser dans le tuyau, afin que le mercure se mette à deux pouces de hauteur dans un tuyau de 7 pouces, plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau.

Que si la quantité de l'air enfermé dans le tuyau étoit donnée, & qu'on voulût savoir à quelle hauteur demeureroit le mercure après l'expérience, on pourra se servir du calcul algébrique, en y appliquant les mêmes régles, comme je l'ai enseigné dans l'*Essai de Logique*, & dans le Traité de la *Nature de l'air*.

On trouvera de semblables équilibres du ressort de l'air dans les tuyaux pleins d'eau & d'air, en supposant que le plus grand poids de l'Atmosphére est égal au poids de 31 piés d'eau; ce qu'on a trouvé par expérience: Car le Barométre étant à 27 pouces 8 lignes, le Barométre d'eau étoit à 31 piés 1 pouce; & étant à 28 pouces, l'autre étoit à 31 piés 4 pouces; & s'il eût été à 28 pouces 7 lignes, comme il s'y met quelquefois, l'eau auroit été à 32 piés. Si le tuyau est de 40 piés, &

qu'on

qu'on veuille reduire l'eau à 16 piés, il faudra mettre 12 piés d'air au dessus de l'eau; car l'air se dilatant au double & occupant 24 piés, il fera équilibre par son ressort avec la moitié du poids de l'Atmosphére, & les 16 piés d'eau qui restent, feront équilibre avec l'autre moitié. On suppose qu'une petite partie du tuyau étant plongée dans l'eau où on le trempe, pour faire l'expérience de même que celle du mercure, il en reste 40 piés au dessus.

De là on voit manifestement, que si on plonge dans de l'eau fort profonde une bouteille renversée pleine d'air, ayant des poids autour de son goulet suffisants pour la faire aller au fond, lorsqu'on la descendra peu à peu, l'eau y entrera & montera peu à peu dans le goulet; & que quand elle sera descenduë à 32 piés de profondeur, l'eau qui y entrera, reduira l'air à la moitié de l'étenduë qu'il avoit dans la bouteille avant que de la plonger, ce que j'ai expliqué plus amplement dans l'Essai de la *Nature de l'air*.

On voit encore l'erreur de ceux qui croyent que dans une pompe on peut faire monter l'eau jusques à 32 piés en l'attirant avec un piston, puisque selon le jeu du piston on ne peut l'élever qu'à une certaine hauteur déterminée. Car, soit par exemple un corps ou tuyau de pompe uniforme de 20 piés, ayant au dessus de 20 piés un piston de même largeur, & qui ne puisse être élevé & baissé que de l'espace d'un pié; je dis que s'il y a une soupape au bas de la pompe, & qu'on fasse jouër le piston, l'eau ne pourra pas s'élever jusques à 12 piés. Car, qu'elle soit élevée s'il est possible à 11 piés, ou qu'on verse sur la soupape de l'eau jusques à 11 piés de hauteur, & qu'on raccommode le piston; il restera 9 piés d'air jusques au piston; & cet air qui se rarefiera en élevant le piston d'un pié, ne pourra être rarefié que comme 9 à 10; & parce que 21 complément de 11 piés à 32, qui est le poids de l'Atmosphére, est à 32, comme 9 à $13\frac{5}{7}$, il faudroit pour soutenir l'eau à 11 piés, que le piston s'élevât à 4 piés $\frac{5}{7}$ pour faire l'équilibre entre le poids de l'Atmosphére, & le ressort diminué de l'air enfermé joint au poids des 11 piés d'eau, comme il a été expliqué ci-devant: D'où il s'ensuit que par l'élévation du piston à un pié seulement, la soupape ne s'ouvrira point & l'eau ne montera pas plus haut que lès 11 piés.

Pour donner des régles de ces élévations d'eau dans les pompes, on se servira du calcul algébrique en cette maniére. On appellera A la hauteur où doit monter l'eau dans le tuyau de pompe par le jeu du piston, faisant abstraction du poids de la soupape. Soit le tuyau de pompe au dessus de la surface de l'eau qu'on veut élever de 12 piés, & supposé qu'on la veuille élever jusques à ces 12 piés par un seul coup de piston, on fera cette analogie: Comme 20 complément de 12 piés à 32, est à 32, ainsi 12 piés d'air ordinaire à un 4e. proportionnel; ce 4e. proportionnel sera $19\frac{1}{5}$, ce qui fera voir qu'il faudroit que le tuyau de pompe fût assez grand pour élever le piston jusques à 19 piés $\frac{1}{5}$ au

dessus de douze piés pour faire monter l'eau jusques à 12 piés par un seul coup de piston. Mais si le jeu du piston étoit limité à 2 piés, on dira: Comme 32—A est à 32, ainsi 12—A est à 14—A; le premier terme est le complément de la hauteur inconnuë où montera l'eau, à 32 piés d'eau qui est le poids de l'Atmosphére; le 3^e^. terme est les 12 piés moins cette hauteur; & le 4^e^. est les 2 piés où le piston s'éléve joint aux 12 piés moins la même hauteur: Or le produit de 14—A par 32—A est 448—46 A+A A, & le produit des deux termes du milieu est 384—32 A; l'équation étant réduite il y aura égalité entre A A & 14 A—64; & parce qu'on ne peut ôter de 49 quarré de 7 moitié des racines, 64, c'est une marque qu'en continuant de pomper on fera monter à plusieurs fois l'eau jusques au piston; & pour savoir combien elle montera au premier coup, il faut supposer que le piston soit élevé de deux piés: il y aura donc un tuyau uniforme de 14 piés. Et suivant ce qui a été dit dans l'Essai de *Logique* & le Traité de la *Nature de l'air*, on fera ce calcul: L'air enfermé étoit de 12 piés; 12 piés+A est à A, comme 32 à 2—A; l'équation étant reduite, on trouvera que A A sera égal à 24—42 A, & enfin que la valeur de la racine sera un peu moins de $\frac{4}{7}$, laquelle ôtée de 2 restera $1\frac{3}{7}$ un peu plus; & par conséquent l'eau ne montera par le premier coup de piston, qu'à un pié $\frac{3}{7}$ un peu plus.

Si on avoit supposé le jeu du piston d'un pié, on sauroit par le même calcul jusques où l'eau s'éléveroit par le premier coup de piston. Et si l'on veut savoir jusques où elle peut s'élever après plusieurs coups, il faut dire, Comme 32—A est à 32, ainsi 12—A est à 13—A; l'équation étant reduite on trouvera 13 A 32 égal à A A: le quarré de $6\frac{1}{2}$ moitié des racines est $42\frac{1}{4}$, dont ôtant 32 reste $10\frac{1}{4}$, dont la racine est 3 & $\frac{5}{24}$ un peu moins; ôtez-la de $6\frac{1}{2}$, reste 3 & $\frac{7}{24}$; ajoutez-la à $6\frac{1}{2}$, ce fera $9\frac{17}{24}$, & ces nombres $3\frac{7}{24}$ & $\frac{17}{24}$ seroient les 2 racines: Ce qui fera voir que jamais l'eau ne peut monter quand le tuyau est vuide, qu'à trois piés & $\frac{7}{24}$ un peu plus, encore qu'on fasse jouër le piston tant qu'on voudra; mais que si l'on avoit rempli le tuyau jusques à 9 piés $\frac{18}{24}$, on achéveroit de faire monter l'eau jusques à 12 piés par plusieurs coups de piston.

Supposons maintenant que le tuyau jusques au piston soit 14 piés, & que le jeu du piston soit de 2 piés; 32—A sera à 32 comme 14—A à 16—A. Pour trouver facilement l'équation, il faut multiplier 32 par deux, différence de 14 & de 16: le produit est 64 pour le nombre absolu, & 16 A sera le nombre des racines, & A A sera égal à 16 A—64; le quarré de la moitié des racines est 64, dont ôtant 64, reste zero, dont la racine est zero, qui ôté & ajouté à 8, fait toujours 8: Ce qui marque qu'il n'y a qu'une racine & que l'eau ne peut monter qu'à 8 piés; mais que si peu qu'on fasse jouër le piston plus haut que les deux piés, l'eau montera jusques à 14 piés. L'analogie est facile: car

car le piston étant monté à 2 piés, le tuyau sera de 16 piés, & l'eau étant à huit piés, il restera 6 piés d'air: mais 32 est à 24 complément de 8 piés à 32, comme huit piés d'air dilaté à 6 piés d'air commun: donc l'eau ne montera pas plus haut que les 8 piés si le piston ne joue que de 2 piés.

De là on voit que pour faire monter de l'eau par aspiration à une hauteur considérable comme de 20 piés, il faut diminuer le tuyau de pompe de largeur & donner un jeu suffisant au piston. Car supposé que la surface du piston soit 4 fois plus large que la base du tuyau, un pié d'élévation du piston en vaudra 4 si le piston n'étoit pas plus large: si donc le jeu est d'un pié & demi, ce sera de même que si on l'élevoit à 6 piés étant de même largeur. Or les 4 termes de l'équation étant de 32—A, 32, 20—A, 26—A; il y aura 6 fois 32 savoir 192 pour un terme de l'équation, & l'autre 26 A, suivant ce qui vient d'être dit: ce sera donc A A égal à 26 A moins 192; le quarré de la moitié des racines est 169 moindre que 192; & par conséquent en pompant longtems, on fera monter l'eau jusques à 20 piés.

Si dans l'exemple ci-dessus on prend les 8 piés pour le plus haut terme de l'eau: quand le tuyau est de 14 piés & le jeu du piston 2 piés, il est aisé de prouver que si l'on suppose 9 piés d'eau sur la soupape, elle achévera de monter par le jeu du piston à 2 piés; car il restera 5 piés d'air. Or il y a moindre raison de 5 à 7 que de 27 complément de 5 à 32, à 32; & par conséquent l'eau montera plus haut que les 9 piés. La proportion sera toujours plus inégale en prenant 10 piés ou 11 piés, & si l'on prend 7 piés au lieu de 8 piés, l'eau montera encore, car il restera 7 piés d'air: Or 25 complément de 7 à 32 est à 32 comme 7 à $8\frac{24}{25}$: Donc si le piston va jusques à 2 piés il fera monter l'eau plus haut que les 7 piés. Elle montera encore plus aisément si on n'en verse que jusques à 6 piés: Car il y aura 8 piés d'air: Or 26 complément est à 32 comme 8 à $9\frac{22}{26}$: Donc si au lieu de $9\frac{22}{26}$ qui fait l'équilibre, le piston va jusques à 10 piés, il fera encore mieux monter l'eau que quand elle étoit à 7 piés, & encore mieux quand elle sera à 5 piés &c. Si on vouloit savoir quel jeu de piston seroit néceſsaire pour faire monter l'eau à 30 piés, il faut prendre un nombre un peu plus grand que la moitié de 30, comme 16, où sera à peu près la plus grande difficulté d'élever l'eau: le complément est 16: le reste de l'air est 14: comme seize à 32 ainsi 14 à 28: il faudra donc que le piston s'éléve de 14 piés, ou que si le tuyau a 2 pouces de diamétre, celui du piston soit de 7 pouces $\frac{1}{2}$; car le quarré de $7\frac{1}{2}$ est $56\frac{1}{4}$ qui est un peu plus que 14 fois 4 quarré de 2 pouces, & alors il suffira que le jeu du piston soit d'un pié: mais comme à 18 piés l'élevation est encore plus difficile, il faudra 8 pouces de diamétre au piston afin que son jeu étant d'un pié, il éléve l'eau plus haut que les 18 piés. On explique facilement par la même force du ressort de l'air l'expérience suivante, qui est aſsez curieuse.

TAB. XV. Fig. 44. Ayez un tuyau A G fermé par enbas, large d'environ 12 ou 15 lignes, mais un peu plus étroit vers A, afin qu'on le puiſſe fermer exactement avec le pouce; empliſſez-le d'eau, & y mettez quelque petite figure de verre ou de cuivre, creuſe au dedans, & percée comme en D d'un petit trou à mettre une épingle afin que l'air & l'eau y puiſſent entrer, & que ſa peſanteur à l'égard de l'eau ſoit ſi bien proportionnée, que ſi on ajoute un petit poids elle aille au fond, & que ſi on l'ôte elle nage au dedans comme de la cire. Appliquez le doit ſur le bout ouvert A & le preſſez bien fort, la petite figure deſcendra juſques en B ou plus bas & juſques au fond; relevez le pouce, elle remontera; & ſi étant remontée comme en E ou C, on remet le pouce, elle recommencera à deſcendre. La cauſe de ces effets eſt, que lorſqu'on preſſe l'eau avec le pouce on preſſe auſſi l'air qui eſt dans la figure, & on le condenſe quoiqu'on ne condenſe pas l'eau: & par conſéquent on fait entrer un peu d'eau dans la figure par le petit trou D, ce qui fait que ſa peſanteur ſpécifique eſt alors plus grande que celle de l'eau, & elle deſcend: Mais lorſqu'on léve le pouce, l'air enfermé repouſſe l'eau par ce même trou par la vertu de ſon reſſort qui eſt mis en liberté, & reprenant ſa dilatation, la figure avec l'eau & l'air enfermé, reprend ſa premiére diſpoſition & remonte. Que ſi on léve le pouce bien vîte, une petite partie de l'air ſortira ſoudainement avec l'eau par le petit trou; & l'un & l'autre fera par ſon choc contre l'eau du tuyau, pirouëtter la figure. Il arrive quelquefois qu'il ſort trop d'air de la figure, & qu'étant au fond elle ne peut remonter quoiqu'on ait levé le pouce: alors il faut plonger le pouce bien avant dans le tuyau & le retirer enſorte qu'il rempliſſe le canal exactement, afin qu'il n'y entre point d'air extérieur en la place du pouce; & il arrivera que l'air de la figure étant alors beaucoup moins preſſé, ſe dilate beaucoup plus qu'à l'ordinaire, & fait ſortir plus d'eau par la petite figure, ce qui la rendra plus legére & la fera monter en haut, pourvû qu'on tienne toujours le pouce dans le tuyau ſans l'ôter entiérement. Quelquefois le poids de la figure & de l'air qui y eſt enfermé, eſt ſi bien proportionné à la peſanteur ſpécifique de l'eau, qu'en mettant le pouce en A, la figure deſcend comme juſques en F, & en relevant le pouce elle remonte. Mais ſi on la fait deſcendre comme juſques en B & qu'on léve le pouce, elle achéve de deſcendre: ce qui procéde de ce que le poids de l'eau A C ne preſſe pas aſſez l'air de la petite figure pour y faire entrer de l'eau ſuffiſante pour la rendre d'une peſanteur ſpécifique égale à celle de l'eau, & que le poids de l'eau A B preſſe aſſez l'air pour cet effet; ce qui la fait deſcendre juſques au fond, où le poids de l'eau étant encore plus grand, fait condenſer l'air de la petite figure plus qu'auparavant, & y fait entrer un peu plus d'eau, d'où il arrive qu'on a plus de peine à la faire remonter. De là on voit l'erreur de ceux qui croyent que l'eau & l'air ne péſent rien ſur les corps qui ſont au deſſus, & le

ju-

jugent ainsi parce que nous ne sentons point le poids de l'air. Mais il faut considérer que nôtre corps est disposé naturellement pour la pression de l'air telle qu'elle est ici-bas; c'est pourquoi nous n'en souffrons aucune incommodité. Mais si nous étions transportez en un air deux fois plus rarefié, la matiére äërienne qui seroit dans nôtre sang & dans les autres parties de notre corps qui sont fort chaudes, se remettroit en air, & feroit des bouillonnemens qui enfleroient notre corps & nous seroient très-incommodes : On en voit l'expérience quand on enferme un oiseau dans la machine du vuide ; car quand on a reduit l'air à une dilatation double ou triple de celle qu'il a près de la terre, l'oiseau meurt en peu de tems, à cause que son sang chaud n'étant plus pressé par le ressort ordinaire de l'air, jette quantité de bulles de même que l'eau chaude qu'on y enferme en même tems. Que si au contraire on étoit dans un air qui fût doublement condensé, on en souffriroit beaucoup, quoiqu'on eût de la peine à ressentir son pressement; parce que si d'un côté il pressoit la poitrine pour empêcher la respiration, d'autre côté l'air qui y entreroit par la respiration ayant un ressort empêcheroit l'action de l'air externe : D'où il s'ensuit, que ceux qui vont 7 ou 8 piés sous l'eau, n'en doivent ressentir aucun poids sensible, parce qu'elle les presse également de tous côtez, & que le poids de l'Atmosphére étant égal au poids de 32 piés d'eau, ces huit piés ajoutez n'augmentent la pression que d'environ $\frac{1}{5}$, ce qui ne peut être bien sensible. Quelques-uns objectent contre ces raisonnemens & ces effets du ressort de l'air, que lorsqu'on se sert d'un tuyau percé par les deux bouts pour faire les expériences de l'air enfermé au dessus du mercure, & que quelqu'un ferme le bout supérieur du tuyau avec le doigt pour empêcher la communication de l'air avec celui qui est enfermé ; il arrive que lorsqu'on fait l'expérience, il semble à celui qui ferme le bout supérieur, que son doigt soit comme sucé & attiré par le mercure qui descend, & même il en reçoit de la douleur comme d'un pincement : D'où ils concluënt que l'air dilaté dans le tuyau ne fait pas effort pour soutenir une partie de l'air de l'Atmosphére, puisqu'il appuyeroit contre ce doigt & le repousseroit plutôt que de l'attirer. Pour satisfaire à cette difficulté, il faut considérer que lorsqu'on enferme quelques corps, comme une pomme ridée, dans les machines du vuide, & qu'on a pompé une grande partie de l'air qui y étoit enfermé, ces corps s'enflent & se dilatent ; & que si on y avoit enfermé la moitié du doigt par le moyen d'une vessie coupée par les deux bouts ou par quelqu'autre moyen, cette partie du doigt s'enfleroit extrémement & on y sentiroit beaucoup de douleur : d'où il suit que la partie du doigt qui ferme le bout supérieur du tuyau du Barométre, étant contiguë à de l'air beaucoup dilaté, & le reste étant pressé par tout le poids de l'Atmosphére, cette petite partie doit s'enfler & faire une grande convexité vers l'intérieur du tuyau, ce qui ne se peut faire sans douleur ; & plus l'air se-

ra rarefié dans le tuyau, plus cette enflure & cette douleur sera sensible; & le foible repoussement de cet air rarefié ne sera pas suffisant pour empêcher cette enflure du bout du doigt, puisque le reste qui est dans l'air libre sera beaucoup plus pressé.

On peut encore objecter, que quand il y a 28 pouces de mercure suspendu dans le tuyau, si on le souléve sans le mettre hors du mercure, le vaisseau en sent un poids égal à celui du mercure enfermé, ce qui ne devroit point être s'il faisoit équilibre avec le poids de l'Atmosphére. On répond à cette difficulté, en disant que l'air supérieur qui est au dessus du tuyau n'a point alors d'autre air qui lui fasse équilibre; car celui qui devroit le soutenir au dessous du tuyau soutient le mercure qui y est: donc on doit soutenir tout le poids de l'air supérieur qui pése 28 pouces de mercure; & si le tuyau n'étoit que de quatorze pouces & que le mercure y demeurât jusques au haut, alors on ne sentiroit que quatorze pouces de mercure de poids, parce que l'air qui s'appuye sur le mercure du petit vaisseau soutiendroit ces 14 pouces, & feroit encore effort de 14 pouces vers le haut du tuyau intérieurement: ainsi il feroit équilibre avec la moitié du poids supérieur de l'air, & la main soutiendroit le reste.

La flamme peut faire aussi équilibre par son ressort avec les autres corps: Mais comme il n'y a que la flamme de la poudre à canon qui puisse souffrir d'être comprimée sans s'éteindre, & que cette flamme dure très-peu de tems, il est difficile de faire des expériences de son équilibre; & la force de son ressort est si grande, qu'on n'a pû encore trouver de poids si grand qu'elle ne surmonte, puisqu'elle peut renverser des Bastions entiers & même des Montagnes.

Pour entendre comme se fait un si grand effort, on peut supposer qu'il y ait une certaine quantité de poudre allumée qui remplisse un tuyau assez large situé perpendiculairement, & qu'un grand poids dont la largeur occupe & remplit précisément celle du tuyau en pressant la flamme de cette poudre, la fasse resserrer jusques à ce qu'étant reduite à un petit espace il se fasse équilibre entre ce poids & le ressort de la flamme, sans qu'elle s'éteigne; ce qu'on peut concevoir se faire pendant l'espace d'une seconde: & en cet état le ressort de cette flamme feroit équilibre avec le poids, ensorte que si le poids étoit augmenté, cette même flamme se reduiroit à un plus petit espace supposé qu'elle ne s'éteignît point; & son ressort, qui seroit alors plus fort, feroit encore équilibre avec ce plus grand poids. Or si on conçoit qu'en ce moment il s'allume quelque quantité de nouvelle poudre, le ressort de la flamme sera augmenté, & le poids ne pouvant plus faire équilibre sera poussé en haut, & étant une fois en mouvement la continuation de l'extension du ressort de la flamme qui se developera & s'étendra de plus en plus, accélérera son mouvement de plus en plus, & enfin le poussera jusques bien haut dans l'air.

Cela

Cela ſuppoſé il eſt aiſé de concevoir que ſi l'on met 10 ou 12 milliers de poudre dans une mine, & que toute cette poudre étant allumée puiſſe occuper une eſpace de 200 piés de hauteur & de 100 piés de largeur, il arrivera qu'il s'en allumera au commencement une petite quantité qui ne ſera pas ſuffiſante pour enlever tout le Baſtion: Mais parce que cette flamme a la propriété de ne point s'étouffer pour être preſſée, il s'en allumera 30 ou 40 fois davantage que ce qu'en pourroit tenir la chambre de la mine ſi elle étoit découverte; & alors ſi ſon reſſort eſt aſſez fort, elle commencera à élever la terre qui eſt au deſſus, laquelle étant une fois en mouvement & le reſte de la poudre continuant à s'enflâmer & rempliſſant l'eſpace que la terre a quitté en commençant à s'élever, en ſorte que ſon reſſort ſoit encore plus fort que le poids de la terre qui eſt déja en mouvement; elle accélérera ſa viteſſe de plus en plus, & pouſſera enfin le Baſtion en haut & à côté, ou du moins une partie, juſqu'à ce que toute la flamme ait acquis l'étenduë qui lui eſt naturelle dans l'air libre.

Un peu de poudre fait de ſemblables effets dans les canons: car elle s'allume ſucceſſivement, quoiqu'en très-peu de tems, ſans pouſſer le boulet, juſques à ce que le reſſort de la flamme preſſée ſurmonte la réſiſtance du boulet; & lorſqu'elle a commencé à l'émouvoir, le reſte de la poudre qui s'allume promptement, augmente ſon reſſort & accélére la viteſſe du boulet juſques à le pouſſer à 7 ou 800 toiſes.

De là on voit qu'un canon de 20 piés doit porter ſon boulet plus loin qu'un de 10 piés, parce que la poudre a plus de tems pour s'allumer & augmenter ſon reſſort pendant que le boulet parcourt ces eſpaces.

On voit auſſi que ſi un gros de poudre allumée a la force d'ébranler un boulet qui ne ſoit pas bien joint au canon, il ne ſera pas pouſſé ſi loin que s'il étoit bien bouré & preſſé avec du liége ou autre choſe qui l'empêchât d'être mis en mouvement juſques à ce qu'il y eût 2 ou 3 gros de poudre allumée: car en ce dernier cas le commencement de ſon mouvement ſeroit plus vîte & ſon accélération plus grande.

Par la même raiſon la poudre étant bien fine & facile à être enflammée pouſſera le boulet plus loin que ſi elle eſt groſſiére, parce qu'il s'en allume davantage pendant que le boulet eſt dans le canon.

TROISIÉME DISCOURS.

De l'Equilibre des corps Fluïdes par le choc.

LA flamme peut faire équilibre par ſon choc avec des poids: On peut en meſurer la force, ſi en la faiſant ſortir par un tuyau aſſez large on la fait choquer contre les aîles d'une rouë ſituée horizontalement,

ment, pourvû que ces aîles ſoient toutes ſituées obliquement en un même ſens comme celles des moulins à vent. On ſe ſert en pluſieurs lieux de la flamme qui monte dans les cheminées, pour faire tourner quelques petites machines auprès du feu : plus le feu eſt grand, plus le mouvement de la flamme eſt vîte; mais ce mouvement ne peut être augmenté beaucoup par l'art, & ſon choc n'a pas beaucoup de force. Une fuſée volante s'éléve par le choc de ſa flamme contre l'air; mais ſi elle péſe trop, elle ne peut s'élever: ainſi on peut meſurer ſon équilibre. La flamme du tonnerre, qui va fort vîte, fait des efforts très-conſidérables; car elle renverſe des Tours & des Rochers. La viteſſe de la flamme augmente auſſi la force de brûler, comme on le remarque ſouvent dans les incendies quand le vent eſt très-grand. On en voit auſſi des effets très-ſenſibles quand les Emailleurs ſoufflent le feu de leurs lampes contre du verre ou contre les métaux pour les fondre. Mais parce que la flamme ne ſe gouverne pas facilement pour demeurer dans une même viteſſe ou dans une même largeur, & qu'il coûteroit trop pour l'entretenir, on s'en ſert très-rarement dans les machines; c'eſt pourquoi il n'eſt point néceſſaire d'examiner ici ſa force, ni de la comparer avec celles des autres corps fluïdes.

L'air & l'eau ſont employez dans les machines pour les faire mouvoir par leur choc. On peut connoître l'équilibre qu'ils font entre eux & avec les corps fermes qu'ils choquent, par les Régles ſuivantes.

I. RÉGLE.

LEs jets d'eau ne choquent pas par l'effort de toutes leurs parties comme les corps fermes.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 45. AB eſt un jet d'eau ſortant du cylindre CD, & EF eſt un cylindre de bois. Il eſt manifeſte que les parties qui compoſent EF, étant liées & unies enſembles, elles font toutes enſemble leur effort en choquant un corps par l'extrémité F. Mais un jet d'eau comme AB, étant porté ſelon la direction A*d*B, ne peut agir que par ſes premiéres parties: Car l'eau étant fluïde & comme compoſée d'une infinité de petits corpuſcules qui gliſſent les uns ſur les autres, comme feroient de très-petits grains de ſable; il n'y a que les premiers vers B, qui puiſſent faire le premier effort ſur les corps qu'ils rencontrent, & ils ſe refléchiſſent ou s'écartent avant que les autres qui ſont comme en *d* ayent choqué à leur tour. Pour bien entendre ceci, il faut conſidérer que la viteſſe qu'a l'eau à la ſortie d'une petite ouverture faite au bas d'un tuyau fort large, eſt bien différente de la viteſſe de celle qui ſort par un tuyau d'égale largeur par tout; d'autant qu'en ce dernier cas elle commence à ſor-

ſortir avec une viteſſe très-petite & pareille à celle d'un cylindre de glace qu'on laiſſeroit tomber : Car ſoit un tuyau uniformément large AB, plein d'eau ſoutenuë en B avec le doigt ; il eſt évident que la même viteſſe que prend l'eau B à la ſortie, eſt égale à celle en A, & que tout le cylindre d'eau tombe tout d'une piéce, comme s'il étoit ſolide : & par conſéquent il ſuit les mêmes régles à l'égard de la viteſſe de la chûte, qu'un cylindre de glace de même volume ; à ſavoir, que commençant par une viteſſe très-petite, elle s'augmenteroit en deſcendant ſelon les nombres impairs 1. 3. 5. 7. &c. c'eſt à dire que ſi en un quart de ſeconde elle deſcendoit d'un pié, le quart ſuivant elle deſcendroit de trois piés, dans le troiſiéme de cinq piés, &c. D'où il s'enſuit, que l'eau qui étoit en A, étant arrivée en B, fortira bien plus vîte que celle qui ſort la premiére. TAB. XV. Fig. 46.

Galilée a parlé bien au long de l'accélération de la viteſſe des corps qui tombent dans l'air libre : Voici comme je la conçois. S'il y a quelque corps très-leger qui choque un corps 100 fois plus peſant, il lui donnera la 100e. partie de ſa viteſſe, & le choquant une 2e. fois, il lui en donnera encore une autre 100e : enſorte que ſi le corps choquant avoit 101 degrez de viteſſe, le corps choqué en prendra un degré au premier choc, & ſa quantité de mouvement ſera 100 ; & étant choqué une ſeconde fois avec la même viteſſe de 101 degrez par le corps leger, il en recevra un nouveau degré de viteſſe, lequel joint au premier fera deux degrez ; le 3e. choc lui ajoutera encore un degré, & ainſi de ſuite, comme il a été prouvé dans le *Traité du Choc des corps*. La même choſe arrivera ſi quelque puiſſance foible tire à ſoi un corps très-peſant, le tirant par repriſes. Or, ſoit que les corps ſoient tirez, ou pouſſez par une matiére fluïde très-legére, il doit arriver que ſi au premier moment de ſon effort il paſſe une ligne par une viteſſe uniforme, au 2e. choc & au 2e. moment il en paſſera 2, au 3e. moment 3, &c.

Or ſi l'on prend pluſieurs nombres de ſuite, commençant à l'unité, comme 1. 2. 3. 4. &c. juſques à 20, & qu'on compte 20 momens ; la ſomme de cette progreſſion ſera 210 : & ſi on compte 40 momens, ſelon la même progreſſion juſques à 40 ; la ſomme de ces derniers nombres ſera 820, qui eſt quadruple à peu près de 210 ſomme des 20 premiers nombres : mais à l'infini cette derniére ſomme ſera quadruple de la premiére préciſément, parce que la proportion du défaut diminuë toujours ; ce que *Galilée* a auſſi conclu dans ſon Traité de l'accélération du mouvement des corps qui tombent. Mais ſi le mouvement ſe fait au travers d'un corps fluïde fort peſant, l'accélération ſera bien-tôt arrêtée, & le corps tombant reduit à une viteſſe uniforme ; comme auſſi ſi c'eſt un corps fort leger qui tombe par l'air libre, ainſi qu'il a été prouvé dans le *Traité de la Percuſſion*.

On peut juger encore de la lenteur de la ſortie des premiéres goutes d'eau, lors que les tuyaux ſont uniformément larges, par l'expérien-

TAB. XV. Fig. 47. ce suivante. Ayez un tuyau recourbé de 2 ou 3 piés de hauteur comme C D G d'égale largeur par tout; versez de l'eau par C, jusques à ce qu'elle coule par G; fermez le bout G, & achevez d'emplir le tuyau jusques à C; mettez ensuite l'autre doigt sur ce bout, & ouvrez le bout G; l'eau ne coulera point si le tuyau n'a que 3 ou 4 lignes de largeur: levez le doigt qui ferme le bout C, & le remettez très-promptement, l'eau ne jaillira par G qu'à 4 ou 5 lignes de hauteur: au lieu que si le tuyau C D est beaucoup plus large que l'ouverture G, par exemple s'il a 9 lignes de largeur, & l'extrémité 2 ou 3 lignes; & que vous ouvriez & refermiez avec la même promptitude la petite ouverture en G; les goutes d'eau qui sortiront par G, jailliront jusques à fort près de la hauteur C. Vous connoîtrez encore la même lenteur de l'eau à sa premiére sortie du tuyau, comme A B en la figure 51. 52, & son accélération, si vous emplissez d'eau ce tuyau, & si la soutenant avec un doigt, vous soutenez aussi une petite pierre avec un autre doigt de la même main: car en tirant la main tout-à-coup vous verrez descendre la pierre & le bas de l'eau avec une même vitesse jusques à 12 ou 15 piés.

On fait encore une expérience fort curieuse pour la preuve de cette Régle, en la maniére qui s'ensuit.

Ayez un long tuyau de 8 ou 10 piés de hauteur, comme M N en la figure 50e, le plus poli & le plus égal en dedans qu'on pourra, plein d'eau, laquelle on soutiendra avec le doigt, & on la laissera couler tout-à-coup sur l'extrémité de la régle Q R près du point R, laquelle régle servant de balance doit être horizontale & appuyée par l'autre bout sur un soutien comme O V, & le point R doit être éloigné seulement de 5 ou 6 lignes de la baze du tuyau par où l'eau coule, c'est-à-dire une ligne de plus que l'épaisseur du doigt qui soutient l'eau; alors, si à l'autre extrémité Q il y a un poids Q plus petit d'un quart ou d'un cinquiéme, que le poids de toute l'eau du cylindre, ce poids Q ne s'élévera point au commencement de la chute de l'eau quoiqu'il semble que toute l'eau pése sur R, mais seulement lorsque le tuyau sera presque vuide: Ce qui fait voir que ce sont seulement les premiéres parties de l'eau qui font l'impression, & que lorsqu'elles sortent très-lentement, comme elles font au commencement de leur chute, elles ne peuvent élever qu'un poids bien moindre que le poids de tout le cylindre; mais que lorsqu'elles ont acquis une grande vitesse en tombant depuis la hauteur M, celles qui restent, élévent par leur grand choc, ce que les premiéres ne pouvoient élever par leur petit choc au commencement de leur chute. Que si on éléve le même tuyau deux ou trois piés au dessus de R, & qu'on y laisse de l'eau au fond seulement d'un pouce de hauteur; si le tuyau a sept ou huit lignes de largeur, elle fera moins d'impression en tombant sur R pour élever un poids en Q, qu'une boulette de cire ou de bois moins pesante de la moitié tombant de pa-

reille hauteur: ce qui fait voir que la boulette fait son impression par toutes ses parties, & l'eau d'un pouce de hauteur seulement par les plus proches de sa premiére surface qui choque la balance, & qui sont un peu aidées par les plus éloignées qui coulent à côté. Car quoique l'eau n'agisse pas en choquant par toutes ses parties, & qu'il soit difficile de déterminer jusques à quelle hauteur de l'eau on les doit prendre; il est pourtant très-vrai-semblable, que les premiéres qui tombent, agissent le plus, & celles qui sont un peu plus haut jusques à deux ou 3 lignes, un peu moins, & même jusques à 5 ou 6 lignes, comme il arriveroit à 5 ou 6 petits grains de sable contigus, AEFDB tombant sur la régle GH d'une certaine hauteur, n'étant pas tous en la même ligne perpendiculaire: les deux D & B ne laisseroient pas de contribuer un peu au choc du premier, quoiqu'ils ne le fissent pas de tout leur poids & de toute leur vitesse, n'étant pas dans la même ligne de direction; les plus hauts AEF y contribuent aussi un peu, & feroient que la régle seroit choquée plus fortement que s'il n'y avoit que les seuls B & D. TAB. XVI. Fig. 48.

Or, l'eau étant composée d'une infinité de petits corpuscules contigus beaucoup plus petits que de très-petits grains de sable, qui roulent & qui glissent facilement les uns contre les autres; un petit cylindre d'eau comme GH choquera un peu plus fort qu'un moindre LH, puisqu'il y aura plus de petits corpuscules posez directement les uns sur les autres en la hauteur GH, qu'en la moindre LH. (Voyez vis-à-vis de *Fig.* 48.)

II. RÉGLE.

L'Eau qui jaillit au dessous d'un réservoir par quelque ouverture ronde, fait équilibre par son choc avec un poids égal au poids du cylindre d'eau qui a pour base cette ouverture, & pour hauteur celle qui est depuis le centre de l'ouverture jusques à la hauteur de la surface supérieure de l'eau.

On démontre cette Proposition, & en même tems la force du choc de l'air en cette sorte. ABCD est un cylindre creux, dont les deux bases AD & BC sont de bois, & le reste de cuir, soutenu & étendu par plusieurs cerceaux de bois ou de fil de fer FE, HI, LM, en sorte qu'on puisse faire abaisser la base AD fort près de la base BC qu'on suppose inébranlable. N est une ouverture faite dans la base BC, par où l'air enfermé dans le cylindre peut sortir. Ce cylindre est chargé d'un poids P posé sur la surface AD, & l'on ajuste au dessous de ce cylindre une balance comme celle de la figure 50^e^ marquée 1, ensorte que la régle QR étant située horizontalement, le point R qui est proche de son extrémité, soit fort près de l'ouverture N, & directement au dessous de son centre. Cela étant, je dis que si l'on met un poids Q sur l'autre extrémité de la balance, dont l'essieu CD est supposé tourner facilement sur les points C & D, & que l'air que le poids P en des- TAB. XVI. Fig. 49.

 cendant

cendant fait sortir avec violence par l'ouverture N, choquant l'extrémité de la balance vers R, fasse équilibre avec le poids Q supposé également distant de l'essieu C D; ce poids sera au poids P en même raison que la surface de l'ouverture N est à la surface entiére de la base B C: Car si par le moyen d'un soufflet dont le tuyau ait son ouverture égale à l'ouverture N, on pousse de l'air contre cette ouverture avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait sortir; il se fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne descendra point parce qu'il ne sortira point d'air par l'ouverture; & alors l'air poussé par le soufflet remplissant cette ouverture soutiendra sa part du poids P, comme les autres parties de la base B C soutiennent le reste de ce poids; & la partie que l'air poussé soutiendra, sera au poids entier P dans la proportion de l'ouverture N à la largeur entiére de la base B C: Donc réciproquement l'air sortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le soufflet, fera équilibre par son choc avec un poids qui sera au poids P comme l'ouverture N est à la base B C. Que si l'on ferme l'ouverture N, & qu'on en ouvre une autre de même largeur tout auprès de la base A D, comme au point K; l'air en sortira avec la même vitesse que par l'ouverture N, si la base A D est chargée du même poids P, & fera équilibre avec un même poids par son choc.

Que si le cylindre est chargé successivement de divers poids pour faire descendre plus ou moins vîte la surface A D, l'air qui sortira par l'ouverture N, fera équilibre par son choc avec des poids qui seront l'un à l'autre en même raison que les poids qui chargent successivement la base A D: La raison est, que la proportion du grand poids P au petit qui fait équilibre, est toujours la même que celle de la base B C à l'ouverture N; d'où il s'ensuit, que les petits poids seront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de suite sur la surface A D. Que si l'on emplit d'eau le même cylindre, le jet qui se fera par l'ouverture K par l'effort du poids P, fera le même effet que l'air; c'est à dire qu'il fera équilibre par son choc avec un poids qui sera au poids P comme l'ouverture K à toute la base B C: parce qu'alors le poids de l'eau enfermée ne contribuëra rien de sensible à la force du jet, puisqu'elle est presque toute au dessous; & que si un jet d'eau de même largeur & de même vitesse choquoit directement en K celui qui sort par cette ouverture, il l'arrêteroit & feroit équilibre avec lui, & soutiendroit une partie du poids P selon la proportion de l'ouverture K à la surface B C. D'où il s'ensuit un paradoxe assez surprenant, savoir, que l'air & l'eau qui sortent successivement par la même ouverture K, quelque poids qu'on mette sur la base A D, élévent les mêmes poids par leur choc, quoique l'eau soit d'une matiére beaucoup plus dense & plus pesante que celle de l'air: Mais il arrive aussi en récompense que l'air sort beaucoup plus vîte que l'eau; car on a trouvé par plusieurs expériences, que quand le cylindre est plein d'air, il se vui-

de

de en un tems environ 24 fois moindre que quand il eſt plein d'eau.

Par exemple, ſi l'air ſe vuide en 2 ſecondes, l'eau ne ſe vuidera qu'en 48 ſecondes; d'où l'on peut conclure, qu'afin qu'un jet d'air faſſe le même effet par ſon choc qu'un jet d'eau de pareille largeur, il faut que ſa viteſſe ſoit environ 24 fois plus grande que celle de l'eau.

Or le même effet doit arriver, ſi ABCD eſt un vaiſſeau cylindrique plein d'eau, & découvert par le haut: Car l'eau qui doit jaillir par l'ouverture N, étant arrêtée par un autre jet qui la rencontre directement au point N, ce jet ſoutiendra une partie de l'eau de tout le cylindre, ſavoir le cylindre qui a pour baſe l'ouverture N, & le reſte de la baſe ſoutiendra le reſte de l'eau: Donc ce jet étant ôté, le jet qui ſortira par l'ouverture N, fera équilibre par ſon choc à un poids qui ſera égal au poids de ce petit cylindre qui a pour baſe l'ouverture N & la hauteur égale à AB, ſi le cylindre ABCD eſt tout rempli.

III. RÉGLE.

LEs jets d'eau égaux en largeur, qui ſortent par de petites ouvertures faites au bas de pluſieurs tuyaux pleins d'eau de différentes hauteurs, font équilibre avec des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon des hauteurs des tuyaux.

EXPLICATION.

SOit un grand tuyau A B & un plus petit C D, percez aux points E & F d'ouvertures égales. Il a été montré ci-devant, que l'eau jailliſſant par l'ouverture E fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau E G, & que le jet qui ſort par F fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau F H. Or ces petits cylindres ayant des baſes égales par l'hypothêſe, auront leurs poids en raiſon de de leurs hauteurs: D'où il s'enſuit que les poids avec leſquels ces jets feront équilibre, ſeront entr'eux comme les hauteurs A B, C D. Par conſéquent il eſt évident que la premiére viteſſe d'un jet en ſortant doit être telle que la premiére goute d'eau qui ſort ſoit diſpoſée à s'élever auſſi haut que la ſurface ſupérieure de l'eau: Car, ſuppoſé que l'eau fût dans le large cylindre A B C D en A D, & qu'il y eût un cylindre de glace de la largeur de l'ouverture F, qui n'allât que depuis F juſques en G, & qui fût ſuſpendu depuis ce point directement ſur l'ouverture F à une demi ligne ou environ de diſtance, & qu'on laiſsât aller l'eau tout-à-coup; elle feroit monter plus haut par ſon choc le cylindre F G, puiſqu'elle peut faire équilibre avec un cylindre de même largeur & de la hauteur F E: Donc ſi l'eau ne jailliſſoit que juſques en G depuis le point F, elle ne pourroit demeurer à cette élévation, puiſque la force de l'eau ſuivante la pouſſeroit plus haut, ſi elle étoit ferme comme un

TAB. XV. Fig. 46.

TAB. XVI. Fig. 50. marquée 2.

cylindre de glace; d'où l'on peut juger que la premiére goute s'éléveroit jusques à A E sans la résistance de l'air & quelques autres empêchemens: joint à cela que l'eau qui sort par F, se portant en haut pour faire l'équilibre avec l'eau A D, la premiére goute qui s'éléve doit avoir la force de monter jusques à la hauteur de l'eau supérieure du réservoir, si on fait abstraction de la résistance de l'air; comme on l'a expliqué dans le premier Discours, où l'on a fait voir qu'en s'élevant à l'équilibre, elle jaillit même plus haut que l'eau supérieure par la vitesse acquise par le grand mouvement que le jet prend pour s'élever à la hauteur de l'eau supérieure.

Ayant rempli d'eau le réservoir A B C D de 16 pouces de hauteur au dessus de l'ouverture du jet en F, jusques à ce qu'elle passât par dessus les bords environ d'une ligne; (car, comme il a été dit, elle ne coule point par dessus les bords qu'elle ne soit environ à une ligne & demi ou deux lignes au dessus, particuliérement si les bords du réservoit sont frottez de graisse) on a mis par dessus une régle O L en situation horizontale, qui étoit par conséquent environ une ligne plus basse que la surface supérieure de l'eau; & l'on a remarqué que laissant jaillir l'eau un peu obliquement par l'ouverture F, & entretenant le tuyau A B C D toujours plein à une ligne au dessus du bas de la régle, le haut du jet alloit jusqu'à la régle, ce qu'on connoissoit par un peu d'eau qui s'y attachoit, qui auroit eu encore assez de force pour s'élever un peu plus haut comme d'un quart de ligne: Mais lorsque l'eau n'étoit qu'à fleur du réservoir & ne passoit point les bords, il ne s'attachoit point d'eau à la régle, parce que l'air résistoit un peu à la force du jet.

Que si le tuyau étoit de deux piés de hauteur, il s'en falloit un peu moins de deux lignes que le jet n'allât jusques à la régle: Mais lorsque le réservoir étoit de moindre hauteur, comme de 7 ou 8 pouces, & que les ouvertures étoient de 3 ou 4 lignes de diamétre; les jets s'élevoient toujours sensiblement aussi haut que la surface de l'eau, parce que le peu d'air qu'ils avoient à passer ne pouvoit diminuer sensiblement leur force.

Or par la doctrine de *Galilée*, une goute d'eau qui s'est élevée à une hauteur de 2 ou 3 piés, lorsqu'en retombant elle est parvenuë au même point d'où elle avoit commencé à s'élever, elle doit reprendre à ce point la même vitesse qui l'avoit fait élever. D'où il s'ensuit qu'on peut prendre pour une régle ou loi de la nature, que l'eau qui jaillit au bas d'un réservoir par une petite ouverture, a la même vitesse qu'une grosse goute d'eau auroit acquise en tombant depuis la hauteur de la surface de l'eau du réservoir jusques à l'ouverture de l'ajustoir, faisant abstraction de la résistance de l'air.

CON-

CONSÉQUENCE.

IL s'enſuit que les viteſſes de l'eau qui ſort au deſſous des réſervoirs qui ſont de hauteurs inégales, ſont l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée de ces hauteurs : car puiſque la viteſſe de chaque jet les doit faire élever à la hauteur de leur réſervoir, & que par ce que *Galilée* a démontré, les corps qui ſe meuvent avec des viteſſes différentes, s'élévent à des hauteurs qui ſont l'une à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes; il s'enſuit que les viteſſes ſont l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée des hauteurs.

IV. RÉGLE.

LEs jets d'eau d'égale largeur qui ont des viteſſes inégales, ſoutiennent par leur choc des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes.

EXPLICATION.

D'Autant que l'eau peut être conſidérée comme compoſée d'une infinité de petites parcelles imperceptibles, il doit arriver que lorſqu'elles vont deux fois plus vîte, il y en a deux fois autant qui choquent en même tems; & par cette raiſon le jet qui va deux fois plus vîte qu'un autre, fait deux fois autant d'effort par la ſeule quantité des petits corps qui choquent; & parce qu'il va deux fois plus vîte, il fait encore deux fois autant d'effort par ſon mouvement; & par conſéquent les deux efforts enſemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions. On prouve encore cette Régle en cette maniére. A B eſt un cylindre quatre fois plus haut que le cylindre C D; l'ouverture E eſt égale à l'ouverture F; les deux cylindres ſont pleins d'eau. Or d'autant que le jet ſortant par E doit ſoutenir un poids égal au poids du petit cylindre d'eau G E, & que le jet par F doit ſoutenir un poids égal au poids du petit cylindre H F, & que le petit cylindre G E eſt quadruple du petit cylindre H F; il s'enſuit que les poids élevez ſeront comme 4 à 1. Mais par la conſéquence de la Régle précédente, la viteſſe du jet par F eſt à celle du jet par E en raiſon ſous-doublée de la hauteur F H à la hauteur E G, & par conſéquent elle ſera comme 1 à 2. Donc une viteſſe double d'un jet de même largeur ſoutiendra un poids quadruple, & ainſi à l'égard des autres proportions. De là il s'enſuit, qu'un jet d'air qui va 24 fois plus vîte qu'un autre, ſoutiendra un poids 576 fois plus grand, puiſque 576 eſt le quarré de 24; & parce qu'un jet d'eau qui va 24 fois moins vîte, ſoutient le même poids, on peut juger que l'air eſt 576 fois plus raréfié que l'eau, puiſqu'allant avec même viteſſe, le jet d'eau

TAB. XV. Fig. 46.

ſou-

foutient un poids 576 fois plus grand.

TAB. XVI. Fig. 51. 52. On peut connoître par expérience la force du choc de l'air avec la machine de la figure 51. 52. auffi bien qu'avec celle de la 2e. Régle. A B C D eft un vaiffeau cylindrique de fer blanc, bien foudé, ouvert en C D, & renverfé dans un autre cylindre E F G H, au fond duquel il y a un petit tuyau bien foudé L I, qui entre dans le cylindre renverfé & paffe un peu au deffus de l'eau N K qui eft dans le cylindre E H. On charge fucceffivement de plufieurs poids différens la bafe fupérieure A B pour faire defcendre ce cylindre, & en même tems faire fortir l'air avec violence par le tuyau I L, au bas duquel on ajufte une balance comme celle de la figure 50, chargée à un des bouts de différens poids pour éprouver la force du choc de cet air. Les expériences fe trouveront conformes à la démonftration ci-deffus, favoir que fi l'on fouffle de l'air avec un foufflet dans le tuyau L I, de telle force qu'il empêche le poids M & le cylindre A D de defcendre, alors cet air pouffé fait le même effet que fi on mettoit le pouce au point L pour empêcher l'air de fortir. Et comme en cet état le pouce porteroit fa part du poids M joint à celui du cylindre A D; & le refte feroit foutenu par le refte de la bafe G H; & que cette partie feroit à tout le poids foutenu en raifon de la bafe G H à la hauteur de C D, à l'ouverture L, enforte que fi tout le poids étoit de cent livres, & que la bafe G H fût 100 fois plus grande que l'ouverture L, l'air foufflé dans le tuyau foutiendroit la 100e. partie de tout le poids: Donc réciproquement fi on ôtoit le foufflet, l'air qui fortira avec la même viteffe que le vent du foufflet qui l'empêchoit de fortir, fera équilibre avec un poids égal à cette 100e. partie.

Il fuit de ces raifonnemens, que fi deux cylindres pleins d'air de même hauteur ayant leurs bafes inégales, font chargez par des poids é-

TAB. XVI. Fig. 51. 52. tant difpofez comme le cylindre A B C D, & ayant les ouvertures égales par où l'air doit fortir; les poids que l'air fortant élévera, feront l'un à l'autre en raifon réciproque de leurs bafes. Car foient ces deux cylindres A B C D, *a b c d*, mis chacun dans un autre cylindre plein d'eau, comme il vient d'être expliqué; & foient égaux les deux poids M & *m* pofez fur les cylindres inégaux; & les poids élevez foient P & *p*, favoir P par M, & *p* par *m*. D'autant que la bafe G H eft à l'ouverture L comme le poids M au poids P élevé par l'air qui fort par L, & que l'ouverture *l* égale à L eft à la bafe *h g* comme le poids *p* élevé par l'air qui fort par *l* au poids M ou *m*; en raifon égale la proportion étant troublée, la bafe G H fera à la bafe *h g* comme le poids *p* au poids P. Que fi les poids qui chargent les cylindres, font proportionnez à leurs bafes, ils éléveront des poids égaux par le choc de l'air qu'ils feront fortir par des ouvertures égales: comme fi la bafe G H eft 24 & la bafe *g h* 12, & que le poids M foit 12 livres & le poids *m* 6 livres; l'ouverture L étant 4, de même que *l*, les poids P &

P & p feront chacun de 2 livres, dont la preuve eſt facile.

CONSÉQUENCE

De la première démonſtration.

IL s'enſuit que le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre ſera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre, lorſqu'ils ſeront chargez de poids égaux, en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à celle de la baſe *g h*, & de la ſous-doublée de la même baſe G H à la même baſe *g h*. Car ſi les viteſſes étoient égales, ces tems ſeroient entr'eux comme les baſes. Mais les poids élevez étant en raiſon réciproque des baſes, & les viteſſes étant par la troiſiéme régle en raiſon ſous-doublée des poids élevez, les viteſſes ſeront réciproquement en raiſon ſous-doublée des baſes, c'eſt-à-dire que la viteſſe par *l* ſera à la viteſſe par L en raiſon ſous-doublée de la baſe G H à la baſe *g h* : & par conſéquent le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre ſera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à la baſe *g h*, & de la ſous-doublée des mêmes baſes l'une à l'autre ; ce qui s'eſt trouvé conforme à l'expérience. Car un cylindre de 8 pouces 7 lignes de diamétre de baſe, & un autre de 5 pouces 6 lignes étant chargez chacun de 44 onces, le grand s'eſt vuidé en 47 demi ſecondes, & le petit en 12. Or les baſes G H & *g h* ſont entr'elles comme les quarrez de leurs diamétres G H & *g h* ; & 74 pouces, qui eſt à peu près le quarré de G H de 8 pouces 7 lignes, eſt à 30, qui eſt à peu près le quarré de *g h* de 5 pouces 6 lignes, comme 47 à 19 à peu près ; & comme 74 à 47 moyenne proportionnelle entre 74 & 30, ainſi 19 à 12 : d'où l'on voit que 47 eſt à 12 en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à celle de la baſe *g h*, & de la raiſon ſous-doublée de la même baſe G H à la même baſe *g h*.

V. RÉGLE.

LEs *jets d'eau de même viteſſe & de différentes ouvertures ſoutiennent des poids par leur choc qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des diamétres des ouvertures.*

Soient deux ſurfaces A B, C D, percées de deux ouvertures E & F ; & que les deux jets d'eau E N, F M, paſſent par ces ouvertures. Il eſt évident que la ſurface de l'ouverture E eſt à la ſurface de l'ouverture F en raiſon doublée du diamétre G H au diamétre K L : & les viteſſes étant ſuppoſées égales, ſi le diamétre G H eſt double du diamétre K L, il y aura 4 fois autant de petits corpuſcules d'eau pour choquer, dans la baſe G H que dans la baſe K L ; ils feront donc un effet quadruple ; & ſi les ſurfaces des jets ſont réciproques aux hau- TAB. XVI. Fig. 53.

 teurs

teurs des réſervoirs, ils feront équilibre avec des points égaux.

Pour ſavoir la force des eaux coulantes lorſqu'elles choquent des aîles de moulin ou de quelque autre machine, il faut ſavoir leur viteſſe & la comparer à celle des eaux qui jailliſſent au bas d'un réſervoir. Il eſt encore néceſſaire de ſavoir la peſanteur ſpécifique de l'eau à l'égard des autres corps. Voici les obſervations que j'en ai faites.

On a fait faire un vaiſſeau du cuivre quarré en tous ſens, d'un demi pié de hauteur & de largeur dans œuvre, lequel par conſéquent contenoit la 8e. partie d'un pié cube; on le mit dans le baſſin d'une balance, & de l'autre côté ſon poids au juſte; on l'emplit d'eau enſuite avec un très-grand ſoin, par une petit ouverture faite vers un angle de la platine de deſſus : On a trouvé par pluſieurs expériences que cette eau peſoit 8 livres $\frac{3}{4}$, & par conſéquent que le pié cube d'eau devoit peſer 70 livres. Le muid de *Paris* contient 8 piés cubes: en chaque pié cube 36 pintes; quand elles ſont meſurées au juſte & que l'eau ne paſſe pas les bords, mais quand elle paſſe les bords le plus qu'il ſe peut ſans verſer, il ne contient que 35 pintes: chacune de ces dernieres pintes péſe 2 livres, & les autres 2 livres moins 7 gros : Le muid de *Paris* contient 288 pintes de ces derniéres, & 280 des autres. De là on connoît qu'un cylindre d'eau dont la baſe a un pié de diamétre & un pié de hauteur, ne péſe que 55 livres, parce que la proportion du cercle au quarré qui lui eſt circonſcrit, eſt à peu près comme 11 à 14: Or comme 14 à 11, ainſi 70 livres ſont à 55 livres: de là on ſait qu'un cylindre d'un pié de hauteur & d'un pouce de baſe péſe 6 onces un gros à fort peu près; car la 144e. partie de 55 livres eſt 6 onces & $\frac{1}{9}$, & un gros eſt $\frac{1}{8}$; ſur quoi on a fait les expériences ſuivantes.

Ayant attaché un petit batteau à un autre fort grand, qui étoit immobile dans le milieu du cours de la riviére où elle étoit fort rapide, on méſuroit le long du petit bateau une diſtance de 15 piés ſelon ſa longueur: on jettoit enſuite un petit morceau de bois, ou quelque brin d'herbe à deux ou trois piés du petit bateau, vis-à-vis l'endroit où étoit la premiére marque des 15 piés; & l'on comptoit par les batemens d'une pendule à demi ſecondes, en combien de tems il paſſoit juſques à l'autre marque: ſi c'étoit en dix demi ſecondes, on concluoit qu'en cet endroit l'eau de la riviére alloit d'une viteſſe à faire 3 piés en une ſeconde. Enſuite on ſe ſervit d'un tourniquet où il y avoit deux régles qui traverſoient l'eſſieu, en ſorte que les plans où elles étoient ſe coupoient à angles droits. On avoit élevé vers l'extrémité de l'une de ces régles un petit ais quarré, de ſix pouces de largeur, fort délié, qu'on faiſoit tremper perpendiculairement dans l'eau courante juſques à ce qu'elle paſsât 2 ou 3 pouces au deſſus; & en même tems on mettoit à l'extrémité de l'autre régle qui étoit en une ſituation horizontale, un poids à pareille diſtance de l'eſſieu que le milieu de l'ais, & on l'augmentoit ou diminuoit juſques à ce qu'il fit équilibre avec le choc de

l'eau

l'eau contre le petit ais ou palette. On fit plusieurs de ces expériences à l'endroit où l'eau étoit la plus rapide, & en d'autres endroits où elle alloit moins vîte; & l'on trouvoit toujours à fort peu près les mêmes proportions correspondantes à la force de l'eau qui sort du bas d'un tuyau de 12 piés de hauteur: Voici la maniére d'en faire le calcul.

Ayant trouvé que l'eau la plus rapide faisoit 3 piés $\frac{1}{4}$ en une seconde, & qu'elle soutenoit alors par le choc de la pallette 3 livres $\frac{3}{4}$, on disoit: Le jet du bas d'un réservoir qui a 12 piés de hauteur, a une vitesse, à sa sortie, pour faire 24 piés en une seconde selon la doctrine de *Galilée*, & qui a été expliquée ci-devant; cette vitesse est donc environ 7 fois & $\frac{1}{2}$ plus grande que celle de la riviére: Le quarré de $7\frac{1}{2}$ est $56\frac{1}{4}$, & par conséquent, si ce jet est de même largeur que la pallette, il doit soutenir un poids environ 56 fois plus grand: Or 12 piés cubes d'eau pésent 840 livres, dont le quart est 210 livres, qu'on prend à cause que la pallette n'est que d'un demi pié, & qu'une colomne d'eau dont la base a un demi pié quarré & 12 piés de hauteur, pése 210 livres; & si l'on divise 210 par 56, le quotient sera environ 3 livres $\frac{3}{4}$, qui est le poids qui a été trouvé dans l'expérience.

J'ai trouvé de même la force de l'eau coulante dans plusieurs autres endroits de la riviére, & même dans l'Aqueduc d'*Arcueil*. Je fis une expérience au bord de la riviére, où l'eau courante faisoit un pié & $\frac{1}{4}$ en une seconde, & elle faisoit équilibre avec 9 onces de poids; pour la comparer à la vitesse de 3 piés $\frac{1}{4}$, il faut prendre le quarré de $1\frac{1}{4}$ qui est $\frac{25}{16}$ contenu environ 6 fois $\frac{3}{4}$ dans le quarré de $3\frac{1}{4}$ qui est $10\frac{9}{16}$; car le produit de $6\frac{3}{4}$ par $\frac{25}{16}$ est 9 & $\frac{29}{64}$, qui valent un peu plus de 60 onces, qui font 3 livres $\frac{3}{4}$.

Les rouës des moulins qui sont sur la *Seine* à *Paris* entre le Pont-Neuf & le Pont-au-Change, n'ont à leurs extrémitez que la moitié de la vitesse de l'eau courante qui les choque; ce qui revient à la même chose que lorsqu'un poids en mouvement en rencontre un autre immobile de même pesanteur & qu'il s'y attache, car étant joints ensembles, ils n'ont incontinent après le choc que la moitié de la vitesse de celui qui a choqué: Et ainsi on peut supposer que la résistance du frottement de l'essieu de la rouë, de celui de la meule & du grain qu'elle brise, joint au poids de la rouë & de ses pallettes, vaut autant à peu près que la résistance d'un poids égal à celui de l'eau qui choque; & par conséquent elles doivent retarder de moitié à peu près la vitesse de l'eau qui les choque. On remarque la même proportion dans la rouë de la pompe de la Samaritaine.

Il faut ici considérer que l'eau d'une riviére ne va pas également vîte à sa surface, & dans les autres parties; car l'eau proche du fond est beaucoup retardée par la rencontre des pierres, des herbes, & des autres inégalitez.

Voici les expériences que j'ai faites de ces vitesses différentes.

J'ai mis dans une petite riviére coulante uniformément des boules de cire attachées à un fil d'un pié de longueur: l'une étoit chargée de petites pierres dans le milieu pour rendre sa pesanteur spécifique un peu plus grande que celle de l'eau, en sorte que quand les 2 boules étoient dans l'eau, la plus pesante faisoit bander le fil & enfoncer la plus legére plus qu'elle n'auroit fait toute seule, & par ce moyen sa partie supérieure étoit presque à fleur d'eau afin que le vent n'eût point de prise sur elle. J'ai toujours remarqué que la boule d'embas demeuroit en arriére, principalement aux endroits où il y avoit quelques herbes au fond de l'eau près desquelles la boule inférieure passoit; car cette riviére n'avoit qu'environ 3 piés de profondeur. Mais lorsqu'on mettoit ces mêmes boules en un endroit où l'eau rencontrant quelque obstacle s'élevoit un peu & ensuite prenoit un cours plus rapide, comme on le remarque sous les Ponts; la boule inférieure devançoit la supérieure: ce qui faisoit voir que l'eau du milieu alloit alors plus vîte que celle de la surface; & cela procéde de ce que l'eau s'élevant un peu plus haut par l'obstacle, elle acquiert une plus grande vitesse en coulant par une pente plus roide, & ce mouvement violent fait qu'elle se plonge & passe au dessous de celle de la surface: Comme si A B C D est le cours de l'eau supérieure, & que par un obstacle vers B elle s'éléve jusques à la ligne ponctuée E F, elle coulera plus vîte par la pente roide E F C; & par la vitesse qu'elle aura acquise en C, elle continuëra sa direction au dessous de C D, comme en G H; & par conséquent elle ira plus vîte en G & H qu'en I & D: Et c'est delà que procéde que dans les médiocres riviéres il y a toujours de grandes fosses un peu au dessous des Ponts; on en voit l'expérience en tous les Ponts de la chaussée de *Nogent* sur *Seine:* car l'eau qui s'est élevée par la rencontre des piles du Pont, prend une plus grande vitesse & passe avec violence au dessous de la supérieure jusques au fond, où elle emporte le sable & l'entraine un peu plus bas où il s'amasse. Mais lorsque l'eau est en son lit & en sa course ordinaire & médiocre, la supérieure doit aller plus vîte que celle qui est un pié au dessous: car soit A B une ligne horizontale & C B la pente du fond de la riviére, D E l'eau qui est à un demi pié de la supérieure F G, l'une & l'autre parallelle à C B: Or parce que l'eau est visqueuse & que ses parties contiguës sont un peu liées ensemble, l'eau D E emportera celle qui est immédiatement au dessus avec sa même vitesse à fort peu près; & ensuite celle qui est en F G, qui se mouvant aussi d'elle-même à cause de sa pente, va un peu plus vîte que l'eau D E: ce qu'on pourra mieux comprendre si l'on suppose que F L soit un ais nageant sur l'eau, & dont le dessus soit en une pente parallelle à C B, ayant une balle fort ronde au dessus; car cet ais emporté par l'eau emporteroit la balle, qui rouleroit d'elle-même le long de l'ais jusques en G, & par conséquent sa vitesse seroit plus grande que celle de l'ais.

TAB. XVI. Fig. 54.

TAB. XVI. Fig. 55.

J'ai

J'ai encore remarqué souvent des herbes que l'eau emmenoit, & je voyois manifestement, que celles qui étoient entre deux eaux près du fond, plus avancées que celles qui étoient près de la surface, étoient bien-tôt passées & laissées en arriére par les supérieures ; & si je jettois dans le même courant une poignée de grosses scieures de bois qui alloient au fond plutôt les unes que les autres, je voyois toujours les supérieures préceder les autres par ordre à proportion qu'elles étoient plus ou moins éloignées du fond: Desquelles expériences il paroît, que dans les riviéres qui coulent librement, l'eau supérieure va plus vîte que celle du milieu, & celle du milieu plus vîte que celle qui est proche du fond ; & que dans celles qui sont contraintes de passer en un lieu étroit, étant retenuës des deux côtez, celle du milieu va plus vîte que celle de la surface s'il n'y a que trois ou quatre piés de profondeur.

Voici comme on peut calculer la force des rouës des moulins de la *Seine*.

Je suppose qu'il y a deux rouës à un seul essieu, qu'elles ont 5 piés de demi diamétre, & que les ais qu'on appelle des aubes qui servent de pallettes, ont deux piés de hauteur dans l'eau & 5 piés de longueur. Je suppose aussi que la vitesse de l'eau qui choque les pallettes, est de 4 piés par seconde, ce qui est assez ordinaire: car elle s'éléve un peu par la rencontre du bateau qui porte le moulin, & par conséquent elle va, vis-à-vis du milieu du bateau, plus vîte que si elle n'avoit pas été arrêtée. Or comme il a été dit ci-devant, un réservoir de 12 piés de hauteur faisant jaillir au dessous de 12 piés un jet quarré de demi pié de largeur, peut soutenir 210 livres ; sa vitesse qui est de 24 piés par seconde est 6 fois plus grande que celle qui choque les rouës du moulin. Donc cette eau qui choque une palette de demi pié ne doit soutenir que la 36e. partie de 210 livres, par la premier Régle ; donc elle soutiendra 5 livres & $\frac{5}{6}$. Le pié quarré soutiendra le quadruple, savoir 23 livres $\frac{1}{3}$. Et parce que les pallettes d'une rouë ont 10 piés superficiels, elles supporteront 233 livres $\frac{1}{3}$. L'autre rouë aura la méme force. Donc les deux soutiendront 466 livres $\frac{2}{3}$ mises en une régle horizontale à la même distance de l'axe, que le milieu des pallettes à 4 piés.

La force du choc du vent contre les aîles d'un moulin à vent se trouve en cette sorte.

Ayez un tourniquet cylindrique semblable à celui dont il est parlé dans les expériences précédentes. A B dans la figure 56e. représente son axe. G H est une régle horizontale qui traverse l'axe du cylindre à angles droits. I L est une autre régle posée perpendiculairement sur G H. M N O P est encore une régle perpendiculaire posée obliquement sous un angle de 45 degrez, à l'égard de la régle G R. Or si l'on suppose un jet d'eau qui choque directement la régle I L vers le point Q, & qui fasse tourner le cylindre selon l'ordre des lettres *a b c d* ; il agira de toute sa force pour soutenir le poids R. Mais si un autre jet

TAB. XVI. Fig. 56.

d'eau égal choque directement la régle M O au point S, que l'on ſuppoſe autant éloigné de l'axe que le point Q; il ne pourra ſoutenir le poids R, parce que ſa direction ne ſera pas paralléle à la direction de l'extrémité de la régle I L; & il ne pourra ſoutenir qu'un poids qui ſera au poids R, comme le côté d'un quarré à ſa diagonale: Et ſi le même jet eſt parallele à l'axe A B, & qu'il choque au même point S; il faudra encore diminuer le poids R dans la même proportion pour faire l'équilibre, parce que ce jet choquera obliquement cette régle ſous un angle de 45 degrez, & alors le poids R n'aura plus que la moitié de
TAB. XVI. Fig. 57. ſon poids: car ſi A B C D eſt un quarré, la 1e. raiſon ſera comme de A C à A B, & la ſeconde comme de A B à A E moitié de A C, comme il a été expliqué plus au long dans le Traité de la *Percuſſion*, à la fin de la 13e. Propoſition de la 2e. Partie. Or le vent qui choque les aîles d'un moulin à vent, les choque obliquement; & s'il rencontroit chaque aîle ſous un angle de 45 degrez, il ne lui reſteroit de ſa force que ſelon la proportion de la diagonale d'un quarré à ſon côté par cette ſeule cauſe. Mais ſi cette aîle qui eſt oblique à l'axe, l'étoit ſelon le même angle, cette ſeconde cauſe diminuëroit encore la force du vent ſelon la même proportion, comme il a été dit du jet d'eau; & la diminution totale par ces deux cauſes ſeroit de la moitié de la force du vent quand il choque directement cette régle, comme I L dans la figure 56e. diſpoſée à ſe mouvoir au commencement ſelon ſa direction, de maniére que ſi ſa force totale étoit 80, elle ſeroit reduite à 40 par ces deux cauſes. Mais à cauſe que l'aîle dont l'obliquité eſt de 45 degrez, reçoit une moindre largeur de vent que quand elle eſt oppoſée directement, il reçoit encore une 3e. diminution ſelon la même raiſon de A C
TAB. XVI. Fig 57. à A B, & la diminution totale ſera comme A C à E F, ou à peu près comme 80 à 28 $\frac{1}{4}$. Que ſi l'obliquité de l'aîle eſt N O, & que l'an-
TAB. XVI. Fig. 56. gle de A B & N O ſoit de 60 degrez; alors la 1e. cauſe ſeule diminuera de moitié la force du vent & la reduira de 80 à 40, & les deux autres enſemble la reduiront de 40 à 31 à peu près: d'où l'on jugera qu'il vaut mieux que les aîles des moulins à vent ayent cette obliquité, que celle de 45.

Pour ſavoir la force d'un vent qui choqueroit directement la voile d'un Vaiſſeau, il faut ſavoir la viteſſe du vent: On la trouve en lui laiſſant emporter une plume très-legére de duvet depuis un endroit ſtable, & comptant le tems qu'elle met à parcourir un certain eſpace comme de 30 ou de 40 piés. Or ſuppoſant que le vent faſſe 24 piés en une ſeconde, comme il fait quand il eſt aſſez violent à l'ordinaire, mais pourtant bien moins que dans les grandes tempêtes & ouragans, il ira auſſi vîte qu'un jet d'eau qui ſort d'une ouverture à 12 piés au deſſous d'un réſervoir; & parce que le vent doit aller 24 fois plus vîte que l'eau pour faire le même effet, il ne fera pas plus que l'eau de pareille largeur qui ne fait qu'un pié en une ſeconde, ou que le jet qui en fait 24, ſi la largeur

geur du vent eſt 24 fois plus grande en diamétre, ou 576 fois en ſurface. Or un jet d'eau de demi pié en quarré venant d'un réſervoir de 12 piés de hauteur, peut ſoutenir, comme il a été dit ci-devant, un poids égal au poids d'une colomne quarrée d'eau qui a pour baſe un quarré d'un demi pié, & pour hauteur 12 piés; & d'autant qu'un demi pié cube péſe 8 livres $\frac{3}{4}$, ſi on double cette hauteur ce ſera 17 livres $\frac{1}{2}$ pour une colomne quarrée d'un pié de hauteur & d'un demi pié de largeur; & ſi elle eſt de 11 piés de hauteur, ce ſera 210 livres, qui ſeront ſoutenuës par un jet d'un demi pié en quarré. Afin donc que le vent qui va auſſi vîte, ſoutienne le même poids de 210 livres, il faut que la voile qu'il choque ſoit 24 fois plus large & plus longue qu'un demi pié, c'eſt-à-dire qu'il faut qu'elle ait 12 piés tant de largeur que de longueur, ou 6 piés de largeur & 24 piés de hauteur; & alors le vent qui fera 24 piés en une ſeconde, ſoutiendra 210 livres poſées ſur une régle horizontale attachée au même axe que la voile quarrée de 12 piés, dans la même diſtance de l'axe, que le milieu de la longueur de la voile qui doit être en une ſituation perpendiculaire : Mais ſi le vent ne fait que 12 piés en une ſeconde, il ne ſupportera que 52 livres $\frac{1}{2}$, qui eſt le quart de 210 livres.

Si l'on en veut faire l'expérience en petit, il faut ſe ſervir du tourniquet de la figure 56, & prendre une voile d'un pié de largeur & de hauteur, qui ayant ſa ſurface d'un pié ne ſupportera que la 144ᵉ. partie de 52 livres $\frac{1}{2}$, ſavoir 5 onces $\frac{5}{6}$, ſi ce poids eſt à la même diſtance de l'axe que le milieu de cette petite voile; mais il faudra choiſir le vent qui pourra faire 12 piés par ſeconde. TAB. XVI. Fig. 56.

Par cette maniére on calculera aiſément les différentes forces des eaux & des vents par leur choc.

Pour comparer la force des moulins à vent à celle des moulins de la *Seine* dont j'ai parlé, je ſuppoſe que chacune des 4 aîles ait 30 piés de hauteur & 6 piés de largeur; ce ſont 180 piés. Si le vent ne fait que 12 piés en une ſeconde, il ſoutient 5 onces $\frac{8}{9}$ de livre en choquant une aîle d'un pié de ſurface. S'il en choque une de 180 piés en ſurface, il ſoutiendra 66 livres à peu près : Mais il en faut ôter les $\frac{5}{8}$ à cauſe de la triple obliquité du choc, comme il a été prouvé: Si l'obliquité eſt de 30 degrez, il reſtera donc 29 livres, & les 4 aîles ſoutiendront 100 livres : Mais la diſtance de l'eſſieu au milieu de l'aîle eſt de 20 piés, & celle du milieu des pallettes juſques à leur axe n'eſt que de 4 piés : Donc par cette cauſe les moulins à vent augmenteront leur force du quintuple, & ſi la rouë dentée de chacun eſt de 2 piés de diamétre, la force du moulin à vent ſera de 10 fois 100, & celle des moulins à eau de 2 fois 466 livres, quand le vent fait 12 piés par ſeconde, & le courant de l'eau 4 piés. On fera de ſemblables calculs pour les moindres ou plus grandes viteſſes d'eau & de vents, & pour les plus grandes ou moindres aîles.

Quel-

Quelques-uns ont entrepris de faire des moulins horizontaux qui tournassent à tous vents; j'en ai vû de trois sortes.

Les premiers avoient leurs aîles concaves & convexes selon un angle de 45 degrez, comme on le voit en la figure 58. A B est le haut du concave, & C D le haut de convexe. Le vent soufflant contre les deux n'agira pas de même. Car il glissera de part & d'autre depuis l'arête C D, le long des plans C L, & C N & n'agira que comme 8 à $5\frac{2}{3}$; Au lieu que rencontrant le concave & ne pouvant glisser, il agira par toute sa force, comme s'il y avoit une toile tenduë sur EQHF, & ainsi il agira de toute la force de son choc & comme de 8: Et y ayant 6 aîles semblables, il y en auroit toujours 3 qui recevroient un peu moins d'un tiers plus d'impulsion que les trois autres, ce qui feroit nécessairement tourner les rouës, mais avec peu de force, en sorte qu'elles ne pourroient tourner qu'à vuide; ou bien il les faudroit démesurément grandes, & elles ne pourroient se soutenir & seroient en danger d'être emportées par un vent impétueux. Pour les perfectionner il faudroit que l'angle E A Q fût de 30 degrez, & alors la proportion de la force du vent seroit dans le concave à l'égard du convexe, comme de 4 à 1, comme il a été expliqué dans les régles de la chûte des corps à la fin du Traité de la *Percussion*. On pourroit encore faire les faces C N, C L, & B E, B Q, mobiles, afin qu'elles se serrassent un peu en l'aîle C D, & qu'elles s'ouvrissent en l'autre; ce qui augmenteroit encore la proportion: il faudroit aussi mettre ces 6 aîles deux à deux l'une sur l'autre, afin qu'elles reçussent mieux le vent; & alors ces moulins pourroient faire à peu près le même effet que ceux dont on a parlé.

TAB. XVI. Fig. 58.

La seconde maniére avoit la largeur de ses aîles en une situation verticale; mais la toile qui les revétoit étoit dans des châssis mobiles, qui d'un côté s'appuyoient entiérement contre les extrémitez des bois ou perches qui les environnoient quand le vent souffloit contre; & ainsi elles en recevoient tout l'effort: mais de l'autre côté elles cédoient au vent, tournant sur des pivôts & n'ayant point d'arrêt; & par ce moyen une partie du vent passoit entre les ouvertures qu'il faisoit, ce qui donnoit beaucoup moins de force que de l'autre côté; & la rouë tournoit nécessairement, mais elle tournoit foiblement, même à vuide; & lorsque des moulins à vent ordinaires tournoient par un vent médiocre, celui-ci ne tournoit point ou tournoit très-lentement, à cause qu'il ne restoit pas un quart de force de plus dans le côté où le vent choquoit entiérement, que de l'autre; ce qui procédoit de ce que les bois & les traverses en recevoient autant d'un côté que d'autre, & les châssis, du côté qu'ils s'ouvroient, ne laissoient pas de tomber un peu par leurs poids, & d'être rencontrez par le vent qui les soutenoit, ne s'élevant jamais à la hauteur horizontale: Mais ils s'ouvroient seulement à demi, un peu plus ou moins; c'est pourquoi ils étoient inutiles la plupart du tems, & ne pouvoient moudre qu'à des vents violents.

La

La troisiéme maniére étoit de faire couvrir la moitié du nombre des aîles par une demi circonférence cylindrique de fer blanc ou d'autre matiére legére, qui étoit dirigée droit au vent par une grande girouëtte fort éloignée du centre de la machine; & par ce moyen il y en avoit seulement trois d'un côté qui recevoient l'impression du vent sans être empêchées par les 3 de l'autre côté: Mais on ne pouvoit faire en grand cette machine, à cause de l'énorme grandeur qu'il eût fallu donner à la demi circonférence cylindrique & qui l'eût mise au hazard d'être emportée par un vent médiocrement violent.

J'ai vû aussi un modéle des moulins à vent horizontaux, qui sont, à ce qu'on dit, en usage dans la *Chine*. Ils sont faits comme une lanterne. Il y a plusieurs aîles, qui tournent sur des pivots vers le centre & le point opposé vers le haut, & ils rencontrent des chevilles qui les arrêtent en de certaines situations pour recevoir le vent le plus directement qu'il se peut; & quand ces aîles ont fait un demi tour par la révolution de la machine, elles tournent & vont au vent comme les girouëttes, & n'en reçoivent que très-peu d'impression pour ne pas nuire à celles qui sont de l'autre côté où le vent les rencontre directement ou à peu près; & enfin il n'y en a point de l'autre côté qui ne reçoive le vent très-obliquement, & par ce moyen le vent agit toujours presque deux fois plus d'un côté que d'autre, ce qui fait faire un effet suffisant à toute la machine, dont l'essieu est planté dans le milieu de la meule qui est au dessous: c'est pourquoi il n'est pas nécessaire d'y appliquer des rouës & des lanternes comme aux autres moulins, par le frottement desquelles la force est diminuée.

On peut par la même méthode ci-dessus, calculer la vitesse du vent qui est nécessaire pour renverser des arbres ou des piliers qui seroient posez de bout sans rien soutenir. En voici des exemples.

Soit un quadre de bois A B C D comme ceux d'un chassis de papier, d'un pié de largeur, dont le poids soit d'une livre un quart ou 20 onces avec son papier collé, exposé directement au vent & posé perpendiculairement sur un plan horizontal, & ayant les quatre petits bâtons quarrez d'un pouce de largeur. Donc un vent de 12 piés par seconde, en le choquant soutiendra 6 onces à peu près, comme il a été montré ci-dessus. Et parce qu'il n'a d'épaisseur que 12 lignes, la demi épaisseur où est son centre de gravité ne sera que de 6 lignes; car on ne considére point le poids du papier. Et parce que la distance de son centre de pesanteur jusques à l'appui est 6 pouces, le vent agira en levier comme 6 pouces à 6 lignes, ou comme 12 à 1; & E F étant l'axe du mouvement, la proportion de la force du vent contre le poids du quadre de 20 onces sera comme 72 onces, produit de 6 onces par 12, à 20 onces. Il faut donc un moindre vent pour faire équilibre. Et si on le prend de 6 piés par seconde, il n'aura que le quart de 72 onces, savoir 18 onces; & si 36 quarré de 6 donne 18, 40 donnera

TAB. XVI. Fig. 59.

20 onces; la racine quarrée de 40 eſt un peu plus de 6 $\frac{1}{3}$. Il faudra donc un vent qui faſſe 6 piés $\frac{1}{3}$ en une ſeconde pour renverſer ce quadre de chaſſis : J'en ai fait l'expérience au haut de l'Obſervatoire & dans la Samaritaine.

On calculera de même la force qu'il faut pour rompre une branche d'arbre de demi pié d'épaiſſeur, ayant 15 piés de tige & 30 piés de branches rameaux & feuilles. Ce ſera 900 piés ſuperficiels que le vent choquera. La réſiſtance abſoluë du bas de la branche pour être rompuë, la tirant de haut en bas, ſera de 207360 : Car la réſiſtance abſoluë d'un bâton de 3 lignes a été trouvée de 350 livres. A B eſt la tige de la branche, D F E B le tour de ſes branches & feuilles, & C le centre. La diſtance A C eſt 30 piés. La proportion de 30 piés au tiers de l'épaiſſeur vers A, qui n'eſt que de 2 pouces, eſt de 180 à 1. Diviſant 207360 par 180, le quotient ſera de 1152. Il faudra donc la valeur de 1152 livres pour rompre la branche en A. Il y a 900 piés de ſuperficie dans les feuilles & rameaux de l'arbre, & parce que 2 piés ſuperficiels choquez par un vent de 12 piés par ſeconde ſoutiennent $\frac{3}{4}$ de livre, ils ſoutiendront 450 fois $\frac{3}{4}$, c'eſt-à-dire 337 livres à peu près, qui eſt un nombre beaucoup moindre que 1152. Soit donc comme 337 à 1152 ainſi 144 quarré de 12 eſt à 492 $\frac{84}{337}$ dont la racine quarrée eſt 22 $\frac{1}{4}$ à peu près. Il faudroit donc que le vent fit 22 piés $\frac{1}{4}$ en une ſeconde pour rompre une telle branche d'arbre.

TAB. XVI. Fig. 60.

Le choc du vent contre les voiles d'un Vaiſſeau pour le faire pencher ou pour le renverſer, ſuit les mêmes régles & celles de l'équilibre : Car, ſi l'on poſe ſur le Vaiſſeau A B C, dont le centre de peſanteur eſt dans la ligne D B, un poids au point C, il ſe panchera, & le centre de gravité commun ſera en la ligne *b* D; ce qui ſera dans l'eau ſera équilibre à ſoi-même, & le poids C au reſte du Vaiſſeau E A qui ſera de l'autre part au deſſus de l'eau. Or la voile D étant choquée, fait le même effet qu'un grand poids; & on peut comparer leurs efforts comme ci-devant, ſelon que le vent ſera grand & que la voile ſera élevée au deſſus du Vaiſſeau; & en ſe ſervant de la maniére ci-devant expliquée, on pourra connoître quelle viteſſe de vent peut renverſer un Vaiſſeau, ſi l'on ſait le poids du Vaiſſeau & de ce qui eſt dedans, ſa largeur, la grandeur de ſes voiles, l'obliquité ou la direction du choc en comparant ſa force à celle d'un poids comme C : mais il faut conſidérer que le Vaiſſeau ne tourne pas par le vent, comme s'il y avoit un eſſieu au point B qui tournât ſur 2 pivots immobiles, & qu'il ne ſe renverſe pas ſi aiſément qu'il feroit : mais auſſi en roulant il peut prendre une continuation de mouvement, qui étant jointe à une grande & ſoudaine bouffée de vent, le peut porter beaucoup au delà de l'équilibre & le renverſer.

TAB. XVII. Fig. 61.

Lors qu'on n'a qu'une certaine quantité d'eau pour employer à quelque choc, on peut augmenter ſa force en la faiſant jaillir au deſſous d'une plus grande hauteur.

AB

A B est le dessus d'une riviére retenuë. C D est une ouverture d'un pié quarré par où l'eau doit sortir. Soit E le milieu de l'ouverture, & la hauteur B E de 3 piés. Il a été demontré que le choc de l'eau par C D soutiendra le poids d'un solide d'eau ayant pour base le quarré de C D, & la hauteur E B de 3 piés ; ce poids sera donc de trois fois 70 livres ou de 210 livres. Soit maintenant l'eau retenuë en sorte que sa hauteur soit de 12 piés jusques en F, qui est le milieu de l'ouverture quarrée G H ; le jet par F ira deux fois plus vîte que par E. Si l'on fait donc, que comme la diagonale d'un quarré est à son côté, ainsi C D soit à G H ; la surface de cette ouverture sera la moitié de celle de C D ; & il y passera autant d'eau en même tems, parce qu'elle ira deux fois plus vîte ; & le poids qu'elle soutiendra par son choc sera égal au poids du solide qui aura pour base le quarré de G H & pour hauteur F B. Mais ce dernier solide ayant sa hauteur quadruple du premier, & sa base seulement moindre de la moitié, il pésera deux fois autant ; & le jet par G H soutiendra un poids double de celui qui est soutenu par le jet C D : D'où l'on voit que pour faire tourner un moulin qui manqueroit d'eau, & n'en auroit que la moitié de l'ordinaire, en lui donnant une profondeur quadruple ; la même eau le feroit tourner, & feroit autant d'effet que s'il avoit deux fois autant d'eau. TAB. XVII. Fig. 62.

TROISIÉME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES.

PREMIER DISCOURS.

Des Pouces, & Lignes d'eau, dont on exprime la mesure des eaux courantes & jaillissantes.

Les Fonteniers mésurent la quantité d'eau que donnent les Fontaines, par les pouces & les lignes circulaires, que contiennent superficiellement les ouvertures qu'elles remplissent en coulant très-lentement : Mais ils n'ont pas bien déterminé quelle est la quantité d'eau que donnent ces pou-

pouces & lignes circulaires en un certain tems, ni quelle doit être l'élévation de l'eau par dessus ces ouvertures pour fournir cet écoulement; ce qui est pourtant nécessaire pour savoir ce que c'est qu'un pouce d'eau: Car si l'eau se tenoit à 6 lignes par dessus une ouverture circulaire d'un pouce, elle donneroit beaucoup plus d'eau par ce pouce, que si elle ne le surpassoit que d'une ligne; parce que, comme il a été montré ci-devant dans la deuxiéme Partie, une plus grande hauteur d'eau fait aller les jets plus vîte, & les écoulemens des eaux par une même ouverture se font selon la proportion des vitesses qu'elles ont en sortant; ce qui se prouve en cette sorte.

TAB. XVII. Fig. 63. A B est un bacquet plein d'eau. C E D B est un des côtez du bacquet, où il y une ouverture I. G H est un cylindre de bois ou de glace, qui passe par ce trou avec une vitesse uniforme.

Or si l'on suppose qu'en une seconde il s'avance de l'espace G H, il est manifeste qu'en ce tems il passera entiérement & précisément l'ouverture I, s'il commence à y entrer par le bout H; & que s'il va deux fois plus lentement, il lui faudra employer deux secondes pour la passer entiérement; & par conséquent il n'en passera que la moitié en une seconde, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut tirer la même conséquence à l'égard des jets d'eau: savoir, qu'il passera deux fois autant d'eau en même tems par l'ouverture I, quand elle va deux fois plus vîte; & que si en une minute elle donne 10 pintes en passant par cette ouverture avec une certaine vitesse, elle en donnera 30 dans le même tems si elle va trois fois plus vîte.

Cela étant supposé, il est évident que s'il y a deux ouvertures rondes égales en un réservoir, l'une à un pié au dessous de la surface supérieure de l'eau, & l'autre à 4 piés; il sortira par cette derniére deux fois autant d'eau en même tems, puis qu'il a été prouvé que l'eau sortira par cette derniére deux fois plus vîte que par l'autre.

De là on voit que pour déterminer la quantité d'eau qui doit passer par l'ouverture d'un pouce, située perpendiculairement, il faut nécessairement déterminer à quelle hauteur doit être la surface de l'eau qui fournit l'écoulement au dessus du pouce circulaire.

Voici quelques expériences qui ont été faites pour déterminer cette hauteur, & la quantité d'eau qui en sort en un certain tems.

PREMIÉRE EXPÉRIENCE.

TAB. XVII. Fig. 64. ON s'est servi d'un bacquet de fer blanc M B, long de deux piés & large de 10 pouces, percé en C d'une ouverture quarrée d'environ 16 lignes de largeur, où l'on avoit appliqué une petite platine de cuivre percée très-exactement d'une figure circulaire d'un pouce de diamétre. Ce bacquet étant situé de maniére que cette ouverture d'un pouce étoit verticale, on l'emplissoit d'eau jusques par dessus l'ouverture,

ture, la fermant avec la main; & on y laiſſoit couler de l'eau d'un muid F G qui en étoit fort proche, en telle quantité, que paſſant toute par l'ouverture circulaire C, la ſurface ſupérieure de l'eau du baquet demeuroit toujours environ à une ligne plus haut que l'ouverture.

Pour faire cette expérience bien juſte, on avoit fait une ouverture à côté dans le bacquet, comme en L, un peu plus élevé que l'ouverture circulaire C, pour ſervir de décharge à l'eau ſurabondante, dont on diminuoit la hauteur comme on vouloit, par le moyen d'une petite platine de fer blanc qu'on y appliquoit avec une matiére fort viſqueuſe faite de cire & de thérebentine. On avoit auſſi appliqué une autre petite lame de fer blanc M à deux pouces à côté de l'ouverture C, & à une ligne plus haut moins $\frac{1}{4}$: elle étoit paralléle à l'eau du bacquet, en ſorte que quand l'eau s'étendoit un peu par deſſus, comme d'un quart de ligne d'épaiſſeur, on étoit aſſeuré que la ſurface ſupérieure étoit à fort peu près plus haute d'une ligne que le haut de l'ouverture C; & ſans cette invention il ſeroit fort difficile de s'en aſſeurer, parce que l'eau fait ordinairement une petite élévation concave d'environ deux lignes de hauteur le long des corps qu'elle touche quand ils en ſont humectés, ce qui empêche de pouvoir bien remarquer la hauteur de la ſurface de l'eau à l'égard de l'ouverture C. Il y avoit auſſi dans le bacquet une traverſe D E pour recevoir le choc de l'eau qui tomboit du muid dans le réſervoir, afin qu'elle ne fit point de vagues; & cette traverſe étoit diſtante d'environ 3 pouces du fond du bacquet, & étoit percée de pluſieurs trous afin que l'eau y paſsât librement. Cela étant bien diſpoſé, on fermoit l'ouverture avec la main ou autrement, & on empliſſoit le bacquet juſques à ce que l'eau paſsât 3 ou 4 lignes par deſſus la petite lame M, & enſuite on laiſſoit couler l'eau en même tems par l'ouverture & par le muid; & ſi l'eau du bacquet demeuroit à cette hauteur de 3 ou 4 lignes, ou qu'elle montât encore plus haut, on baiſſoit un peu le déchargeoir L, juſques à ce que l'on vît demeurer très-peu d'eau ſur la petite l'ame M, comme d'un quart de ligne d'épaiſſeur, & qu'elle demeurât ſenſiblement en cet état un peu de tems. Alors on pouſſoit tout à coup un vaiſſeau N pour recevoir l'eau qui couloit par l'ouverture circulaire C, & après l'y avoir laiſſé 30 ſecondes préciſément, on le tiroit tout à coup, & on meſuroit enſuite la quantité d'eau qui étoit dedans.

Pour marquer le tems de l'écoulement, on ſe ſervoit d'un pendule de fil très-délié, chargé à ſon extrémité d'une balle de plomb de 8 lignes de diamétre. La longueur du fil étoit de 3 piés & 8 lignes juſques au centre de la balle depuis le point de ſuſpenſion. Ce pendule employoit une ſeconde à chaque battement, & on s'en aſſeuroit en le comparant à une pendule ou horloge très-juſte qui marquoit les ſecondes. On a réïtéré pluſieurs fois la même expérience, & on a trouvé qu'il paſſoit en 60 ſecondes par cette ouverture d'un pouce, lors que la

surface supérieure de l'eau du baquet étoit 7 lignes plus haute que le centre de l'ouverture, environ 13 pintes $\frac{1}{8}$ mesure de *Paris*, chaque pinte pesant deux livres moins 7 gros.

Dans les Païs proche de la Ligne le pendule doit être plus court, à cause que le mouvement de la surface de la terre en ces endroits est plus grand qu'en *France*. Mr. *Richer* & Mr. *Varin* en ont fait des observations; le premier à la *Cayenne*, où il l'a trouvé plus court de 1 ligne $\frac{1}{4}$; & l'autre en l'Ile de *Gorée* proche le *Cap-Verd*, où il le falloit seulement de trois piés 6 lignes $\frac{1}{2}$: On démontre cet effet en cette sorte.

TAB. XVII. Fig. 65. A B C représente un méridien passant par les poles B, C; A E F est la ligne équinoxiale; G H M N est le parallelle de *Paris*. Si l'on suppose le mouvement de la terre d'Occident en Orient, une pierre qui seroit en A, s'écarteroit de la terre par une tangente; & parce que le point A iroit aussi vîte, si le mouvement vers le centre K ne surmontoit pas ce mouvement, elle s'éloigneroit de la terre selon la ligne A I: Mais ce mouvement vers le centre étant plus fort, la pierre ne s'éléve pas; mais elle ne laisse pas de perdre une partie de sa tendance au mouvement vers K. La même chose arrivera à une pierre qui sera au point G, mais sa tendance au mouvement par la tangente sera beaucoup moins forte, parce que le point A se meut beaucoup plus vîte que le point G: Donc il retardera moins une pierre qui tombe de G vers K centre de la terre, & même la situation oblique du petit cercle G M à l'égard de la ligne G K, peut encore un peu diminuer de ce retardement vers le centre: car G L ligne oblique à K G, étant égale à G O, le point L sera moins éloigné de K que le point O; par ces deux causes la pierre étant lâchée en I, descendra moins vîte vers A, que la pierre en L ne descendra vers G: donc le mouvement du poids d'un pendule sera plus lent vers A que vers G, & par conséquent pour les faire isocrones, il faut que le fil du pendule soit plus court vers A que vers G.

Il est manifeste qu'on ne peut trouver précisément la même quantité d'eau dans toutes les expériences, & qu'on y trouvera toujours quelque petite différence par plusieurs causes: savoir, qu'il est difficile de commencer à compter les secondes au même moment que l'eau commence à couler; qu'on ne peut retirer le vaisseau précisément quand la 30e. seconde finit; que l'ouverture par où l'eau coule, n'est pas parfaitement perpendiculaire, ou qu'elle n'est pas exactement d'un pouce; ou que le fil du pendule se peut un peu allonger ou accourcir pendant l'expérience; ou enfin que la hauteur de l'eau est un peu plus ou un peu moins haute qu'une ligne à l'endroit de la petite lame M; toutes lesquelles choses empêchent l'exactitude précise: mais entre le plus & le moins on a trouvé cette mesure de 13 pintes $\frac{1}{8}$. Si on veut savoir l'eau que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme de 6 lignes de diamétre ou de 4 lignes; il les faut placer en sorte que leurs cen-

centres soient à 7 lignes au dessous de la surface de l'eau du bacquet: Car si le plus haut de chaque ouverture étoit placé à une ligne de distance de la surface, elles donneroient beaucoup moins d'eau que selon la proportion de leurs grandeurs; mais si on les dispose en sorte que le centre de leurs ouvertures soit à même distance de la superficie de l'eau, elles donneront de l'eau à peu près selon la proportion. Voici les expériences qui en ont été faites.

II. EXPERIENCE.

On a fait couler plusiers fois l'eau du même bacquet par une ouverture de 6 lignes, dont le centre étoit toujours à 7 lignes de distance de la surface de l'eau pendant l'écoulement; & on a trouvé entre le plus & le moins 15 demi septiers en une minute, quoique la surface de cette ouverture ne soit que le quart de celle d'un pouce circulaire, & que selon cette proportion il n'en dût sortir pendant une minute que le quart de 13 pintes $\frac{2}{3}$ selon la 4e. Régle de l'équilibre par le choc. Cette différence procéde de plusieurs causes.

1°. Qu'encore que l'eau du bacquet soit à une ligne de hauteur par dessus l'ouverture d'un pouce, elle n'y reste joignant cette ouverture que d'environ un tiers de ligne pendant son écoulement; ce que l'on connoît aisément par une particuliére reflexion de lumiére qui se fait en cet endroit où l'eau se baisse plus que dans le reste du bacquet: & ce baissement se fait à cause que l'eau qui succéde à celle qui coule, doit venir des parties voisines, comme il a été expliqué ci-devant, & qu'y en ayant trop peu par le haut proche le trou, il faut qu'elle s'abbaisse presque toute pour passer; ce qui diminuë de la force de la pression de l'eau, & retarde la vitesse de l'écoulement.

2°. Que venant peu d'eau par en haut, il faut en récompense qu'il en vienne de bien loin pour succéder à celle qui coule, ce qui retarde encore sa vitesse: Mais la même chose n'arrive pas au trou de 6 lignes, parce que ne devant donner que le quart autant d'eau que le pouce, & son ouverture étant surmontée de 4 lignes d'épaisseur d'eau, il ne s'y fait point d'enfoncement sensible; & par conséquent l'eau est pressée par ces 4 lignes entiéres, outre que l'eau qui doit succéder à celle qui coule, ne vient pas de si loin que quand l'ouverture est d'un pouce; & afin que le dessus de l'eau qui est directement au dessus de l'ouverture d'un pouce, fût 7 lignes plus haut que son centre, il faudroit que dans le reste du bacquet elle fût à 8 lignes de hauteur à peu près.

Il y a encore une autre cause, qui est, que les vitesses des écoulemens étant en raison sous-doublée des hauteurs des eaux, ainsi qu'il a été dit; s'il y a un bacquet comme AB, percé au fond d'une ouverture horizontale, comme *abcd*, & d'une autre verticale *efgh*, égales entr'elles; & que l'eau soit élevée dans le bacquet à la hauteur préci- TAB. XV. Fig. 66.

se

se *e f*; il ne doit sortir par cette ouverture verticale que les $\frac{2}{3}$ d'autant d'eau qu'il en sortira par celle qui est au fond du bacquet en même tems, si on entretient l'eau à la hauteur *e f*; ce qui se prouve en certe sorte.

L'eau qui sort par le bas de l'ouverture verticale *e h*, a sa vitesse à l'égard de celle qui sort par L I en raison sous-doublée de la hauteur *e g* à la hauteur *e* L, & de même à l'égard de toutes les divisions horizontales qu'on peut faire dans le quarré *e f g h*, à inégales distances; d'où il suit, que si la vitesse de l'eau de la 1e. division vers le haut est 1 ou R. 1, celle de la 2e. sera R. 2, celle de la 3e. R. 3 &c. ce qui est dans la TAB. XVII. Fig. 67. même proportion que les ordonnées d'une parabole. Soit donc A C D une parabole, dont la base C D soit celle du rectangle C D P Q; & soit divisé l'axe A B en plusieurs parties égales par les lignes E F, G H, I L, M N &c. paralléles à B D: ces lignes seront les ordonnées. Or par la propriété de cette figure les quarrés des ordonnées sont entr'eux comme les segmens de l'axe qui leur correspondent, A E, A G, A I, A M, &c. & ces segmens sont entr'eux comme les nombres de suite 1, 2, 3, 4, &c. Donc ces quarrés seront aussi entr'eux comme 1, 2, 3, 4, &c. & par conséquent les lignes O E F, R G H, S I L, T M N, seront entr'elles comme R. 1, R. 2, R. 3, R. 4, &c. Or si on prend toutes les ordonnées qu'on peut tirer parallelles à B D infinies en nombre pour la parabole, elles seront aux lignes infinies qui composent le rectangle C D A, comme la parabole est au rectangle. Mais le triangle C A D, qui est la moitié du rectangle P Q C D, est les $\frac{3}{4}$ de la parabole, comme il a été prouvé par *Archiméde*. Donc si le triangle est 3, le rectangle sera 6, & la parabole 4; donc elle est les $\frac{2}{3}$ du rectangle.

Ceux qui ne savent pas les propriétez de la parabole, pourront connoître par le calcul cette vérité à peu près, en prenant la suite de ces ordonnées en nombres, en tirant leurs racines quarrées, par le dixme, comme en la table suivante, où le premier rang vaut les nombres entiers, le second les dixiémes, le troisiéme les centiémes, &c.

Vaut.	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 1	1.			
R. 2	1.	4.	1.	4.
R. 3	1.	7.	3.	2.
R. 4	2.			
R. 5	2.	2.	3.	6.
R. 6	2.	4.	4.	9.
R. 7	2.	6.	4.	5.
R. 8	2.	8.	2.	8.
R. 9	3.			
R. 10	3.	1.	6.	2.

Vaut.	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 11	3.	3.	1.	6.
R. 12	3.	4.	6.	2.
R. 13	3.	6.	0.	5.
R. 14	3.	7.	4.	3.
R. 15	3.	8.	7.	2.
R. 16	4.			
R. 17	4.	1.	2.	3.
R. 18	4.	2.	4.	2.
R. 19	4.	3.	5.	8.
R. 20	4.	4.	7.	2.
R. 21	4.	5.	8.	2.
R. 22	4.	6.	9.	1.
R. 23	4.	7.	9.	2.
R. 24	4.	8.	9.	9.

Or si l'on ne prend la somme que des 12 premiers nombres, elle est un peu plus grande que 29; & 12 fois le douziéme nombre, savoir $3, \frac{4}{10}, \frac{6}{100}, \frac{2}{1000}$, donne un produit un peu plus grand que $41\frac{1}{2}$; & par conséquent cette somme, qui est la parabole, est plus grande que les $\frac{2}{3}$ de ce produit qui est le rectangle. Mais si on prend celle des 24 nombres, on trouvera un peu plus de 79 pour la parabole; & le produit du dernier $4, \frac{8}{10}, \frac{9}{100}, \frac{9}{1000}$, par 24, est un peu plus que 117, dont les $\frac{2}{3}$ sont 78; & ainsi la somme de ces 24 nombres ne différe des $\frac{2}{3}$ de ce produit que de l'unité à peu près, & on en approche plus que quand on ne prend que les 12 premiers nombres; & si l'on continuë à augmenter la table par un plus grand nombre de divisions, la différence de cette somme & de ce produit diminuëra toujours, & l'on pourra juger qu'elle arriveroit enfin au $\frac{2}{3}$ précisément.

On voit aussi, que si on prend les 6 nombres du milieu des 12, ils surpasseront ensemble la somme des 3 premiers & des 3 derniers; & que la somme des 6 premiers & des 6 derniers des 24, sera moindre que la somme des 12 du milieu: ce qui doit arriver nécessairement; & on en fait la démonstration en cette sorte.

Les extrêmes des quarrez des nombres qui sont en progression Arithmétique, sont plus grands que ceux des nombres du milieu: comme, les quarrez de 2 & de 8, qui font 68, sont plus grands que 52 somme des quarrez de 4 & de 6; & l'excès est 16, produit du quarré de la différence par le nombre de la progression. Or, puis que les quarrez des ordonnées de la parabole sont en progression Arithmétique, & que les extrêmes ensemble sont égaux à ceux du milieu; il s'ensuit que leurs racines ne sont pas en progression Arithmétique, & que les premiéres & les derniéres ensemble sont moindres que celle du milieu: car si elles étoient égales, ces quarrez extrêmes seroient plus grands.

Et parce que les écoulemens des eaux suivent leurs vitesses, il s'ensuit que s'il y a 8 divisions au quarré ABCD, les 4 du milieu qui sont le rectangle EFGH, donneront plus d'eau que les 4 extrêmes, qui sont les deux rectangles AH, FD; & que LMNO, qui est la moitié de ce rectangle & le quart du grand quarré, donnera plus du quart de toute l'eau que donne le grand quarré.

TAB. XVII. Fig. 68.

Il arrive donc par cette cause & par celle de la difficulté de l'écoulement, qu'une ouverture quarrée de 6 lignes ayant l'eau 4 lignes au dessus, donne plus que le quart de celle que donne un pouce quarré surmonté seulement d'une ligne d'eau proche l'ouverture. Il est vrai qu'il y a un peu moins de frottement à proportion contre les bords du grand trou, que du petit, ce qui donne un peu d'avantage au grand: Mais les autres choses étant plus considérables; il doit toujours sortir plus d'eau à proportion par les moindres trous jusques à 2 lignes de diamétre, que par les plus grands; ce que j'ai trouvé conforme aux expériences.

La même chose doit arriver à peu près, & par les mêmes causes, aux ouvertures circulaires. C'est à dire, que si l'on prend dans le grand cercle ABCD, le petit intérieur & concentrique EF, dont le diamétre EF soit égal à la moitié de AC, & par conséquent la surface égale au quart de celle du grand cercle; il passera par cette ouverture un peu plus du quart de celle qui passera par l'ouverture entiére ABCD: ce qu'on a trouvé conforme à toutes les expériences dans les petites élévations de l'eau au dessus des ouvertures; le grand cercle ayant donné toujours à peu près 13 pintes en une minute, & le petit 15 demi septiers, comme il a été dit.

TAB. XVII. Fig. 69.

Il arrive encore, que si la petite ouverture par où passe l'eau est située horizontalement au fond du bacquet, en sorte que l'eau coule perpendiculairement de haut en bas, il en coulera plus en même tems, que si dans un autre bacquet l'ouverture étoit verticale, & le jet horizontal, quoique la surface de l'eau fût autant élevée par dessus le centre de cette derniére, que par dessus l'autre; ce qui procéde de ce que l'eau sortant de haut en bas, elle accélére sa vitesse, & à cause de sa viscosité elle entraîne plus vîte les parties qui lui sont contiguës & même celles qui sont proches de l'ouverture au dedans du réservoir. Et il en sortira encore moins d'une pareille ouverture, si elle est disposée à faire jaillir l'eau perpendiculairement de bas en haut par l'ouverture C, parce que l'eau va plus vîte en D qu'en E, & ainsi celle du dessous est toujours un peu retardée.

TAB. XVII. Fig. 70.

On a trouvé par plusieurs expériences, que s'il sortoit 15 pintes en un certain tems par un jet de 4 lignes d'ouverture qui couloit de haut en bas, il n'en sortoit que 14 à peu près lors qu'on le faisoit jaillir perpendiculairement de bas en haut, quoique surmonté d'une pareille hauteur d'eau; & cela arrive particuliérement dans les médiocres hauteurs

des

des réservoirs : car s'ils sont de 20 ou 30 piés, la différence est bien moins sensible, à cause que l'eau sort si vîte de haut en bas en son commencement, qu'il ne se fait point d'accélération considérable dans l'eau du jet qui est au dessous de l'ouverture; parce que une goute d'eau tombant, n'acquiert guére plus de vitesse que celle de l'eau qui sort par un trou quand la surface de l'eau du réservoir est à 30 piés au dessus, comme il a été expliqué à la fin du *Traité du Choc des corps*.

Par toutes ces raisons & ces expériences, on voit qu'il est difficile de déterminer ce que c'est qu'un pouce d'eau : & parce que les dépenses des jets d'eau se font ordinairement par de grandes hauteurs de réservoirs & par de médiocres ouvertures d'ajutages, on doit plutôt se régler par les expériences des médiocres ouvertures, comme de 6 lignes ou de 4 lignes, que par celles d'un pouce entier. J'ai pris un milieu entre les expériences de ces ouvertures différentes, tant pour la facilité du calcul, que pour avoir une mesure certaine, & ôter toute difficulté.

J'appelle ici un pouce d'eau, l'eau qui coulant pendant l'espace d'une minute donne 14 pintes mesure de *Paris*, de celles qui passent un peu les bords, & qui pésent deux livres chacune. L'ouverture d'un pouce donnera cette quantité si l'eau est une ligne au dessus de l'ouverture ; mais il faudra qu'elle soit deux lignes plus haut dans le reste du bacquet, afin qu'elle soit précisément une ligne plus haut au dessus de l'ouverture. Pour les ouvertures de 6 lignes & au dessous, il suffira que l'eau du bacquet soit 7 lignes au dessus des centres.

Cette mesure ainsi déterminée est très-commode pour le calcul, parce que dans l'espace d'une heure le pouce donnera 3 muids de *Paris*, & en 24 heures 72 muids. Ceux qui ignorent la mesure de *Paris*, & qui connoissent la livre, pourront faire aisément ces calculs : au lieu que si l'on prenoit pour le pouce 13 pintes & $\frac{5}{8}$ de celles qui pésent 2 livres moins 7 gros, il ne donneroit que 66 muids plus $\frac{63}{72}$ en 24 heures, & ces fractions donneroient beaucoup de peine, quand on voudroit connoître les différentes dépenses d'eau par des différens ajutages mis au dessous de différentes hauteurs de réservoirs. Pour confirmer cette régle, on a fait l'expérience suivante.

III. EXPÉRIENCE.

ON a pris un vaisseau quarré en tout sens, contenant un pié cube jusques au 12^{e}. pouce ; mais la derniére division étoit de deux lignes au dessous du haut du vaisseau. On y fit couler de l'eau par le moyen d'un bacquet, où il y avoit une ouverture d'un pouce circulaire, comme on l'a décrit ci-devant : la petite lame M (Fig. 64.) étoit 2 lignes $\frac{1}{4}$ plus haut que le dessus de l'ouverture, en sorte que joignant le dessus de cette ouverture, la surface de l'eau demeuroit une ligne plus haut, quand elle étoit 2 lignes plus haut dans le reste du bacquet. Ce pié

cube fut rempli jusques au 12^{e}. pouce inclus par l'eau coulante, dans l'espace de deux minutes & demi : d'où il s'ensuit, que l'ouverture circulaire ainsi disposée donna 14 pintes, ou 28 livres d'eau, en une minute, puisqu'elle donna 35 pintes en 2 minutes & demi.

On saura facilement par ce moyen les pouces d'eau que donne une médiocre fontaine, ou un ruisseau coulant : Car il ne faut qu'en recevoir l'eau dans quelque vaisseau, ou dans quelque lieu qu'on puisse mésurer & qui tienne l'eau, en comptant quel nombre on voudra de minutes ou de secondes : par exemple, si l'on a reçû dans le vaisseau 7 pintes en 30 secondes, on dira que cette eau coulante est d'un pouce ; si elle a donné 21 pintes, on dira qu'elle est de 3 pouces ; & ainsi dans les autres proportions.

SECOND DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes selon les différentes hauteurs des réservoirs.

IL a été prouvé que les quantitez d'eau qui sortent par des ouvertures égales faites au dessous des réservoirs de différentes hauteurs, sont entr'elles en raison sous-doublée des hauteurs ; mais pour confirmer cette régle par les expériences, j'en ai fait plusieurs avec une grande exactitude, dont voici les principales.

I. EXPERIENCE

Pour la dépense des eaux jaillissantes au dessous de différentes hauteurs de réservoirs.

UNe ouverture de 6 lignes ayant son centre à 39 lignes au dessous de la surface de l'eau du bacquet, a donné en une minute 8 pintes $\frac{5}{7}$ de celles qui ne pésent que 2 livres moins 7 gros ; l'eau couloit horizontalement, comme en l'expérience ci-dessus, où la même ouverture avoit son centre 7 lignes au dessous de la surface de l'eau du bacquet, & donnoit 15 demi septiers en une minute. Pour comparer ces deux expériences selon la régle, il faut prendre le nombre moyen proportionnel entre 7 & 39, qui est 16$\frac{1}{2}$ à près ; & aux trois nombres, 7, 16$\frac{1}{2}$; & 15, trouver le 4^{e}. proportionnel, qui est 35$\frac{2}{7}$ à peu près : 35 demi septiers $\frac{2}{7}$ font 8 pintes $\frac{5}{7}$, & par conséquent ces dépenses d'eau ont été selon la raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs.

II. EX-

II. EXPERIENCE.

UN tuyau ayant sa hauteur de 16 pouces a donné par une ouverture de 3 lignes un peu foibles, appliquée au fond par où l'eau couloit perpendiculairement, 2 pintes & demi & environ 2 cuillerées, en 30 secondes, entretenant toujours l'eau à cette hauteur de 16 pouces. On a mis au fond d'un autre tuyau la même plaque où étoit cette ouverture de 3 lignes : ce deuxiéme tuyau avoit la hauteur de son eau à 64 pouces, qui est une hauteur quatruple de la premiére de 16 pouces; & par conséquent il devoit donner le double de deux pintes ½ & 2 cueillerées, en entretenant toujours l'eau à cette hauteur de 64 pouces, ce qu'on a prouvé par expérience; car il est sorti de ce tuyau 5 pintes & environ 4 ou 5 cueillerées d'eau dans le même tems de 30 secondes. Cette expérience a été faite avec grand soin & réitérée jusqu'à trois fois. On en a fait encore quelques autres pour les eaux qui jaillissent de bas en haut jusques à 5 ou 6 piés de hauteur, & on a toujours trouvé la même raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs. On pourra donc prendre pour véritable la Régle suivante.

RÉGLE

Pour la mesure des eaux jaillissantes.

LEs jets d'eau qui sortent par des ouvertures égales au dessous de différentes élévations de réservoirs, dépensent de l'eau à l'égard l'un de l'autre, selon la raison sous-doublée des hauteurs des surfaces supérieures de l'eau des réservoirs. Pour pouvoir trouver aisément par le calcul toutes les quantitez d'eau que donnent les réservoirs, de quelques hauteurs qu'ils soient, j'ai choisi une hauteur médiocre à laquelle on peut rapporter aisément toutes les autres: cette hauteur est 13 piés, & j'ai trouvé par plusieurs expériences très-exactes qu'une ouverture ronde de 3 lignes de diamétre étant à 13 piés au dessous de la surface supérieure de l'eau d'un large tuyau, donnoit un pouce, c'est à dire qu'il en sortoit pendant le tems d'une minute 14 pintes mesure de *Paris*, de celles qui pésent 2 livres, & dont les 35 font le pié cube.

Les expériences ont été faites en cette maniére. Le tuyau étoit recourbé par embas, & avoit un réservoir C, qui tenoit environ 20 pintes: le trou de 3 lignes étoit au point G; son diamétre étoit tel que les deux pointes d'un compas dont l'ouverture étoit de 3 lignes justes, entroient dedans précisément sans s'appuyer sur les bords & sans laisser d'intervalle vuide: D E G F est une ligne horizontale où étoit l'ouverture G: Il y avoit 13 piés depuis D jusques à C où étoit la surface de l'eau dans le réservoir: On avoit mésuré 24 pintes dans trois vaisseaux, TAB. XVII. Fig. 71.

 seaux,

ſeaux, & l'on s'accordoit à les verſer de maniére que l'eau demeuroit toujours à une marque B faite à côté du réſervoir à la hauteur C ; & lors qu'en verſant l'eau baiſſoit de quelque ligne, on en verſoit un peu plus vîte juſques à ce qu'elle paſsât la marque d'autant de lignes à peu près. On tenoit l'ouverture G fermée avec le pouce, & l'on mettoit en mouvement le pendule à ſecondes : Celui qui tenoit l'ouverture fermée commençoit à l'ouvrir au commencement d'une ſeconde, & comptoit les ſecondes de ſuite en diſant 0, 1, 2, 3, &c : Ceux qui verſoient l'eau prenoient garde, que lors qu'on commençoit à compter, l'eau fût préciſément à la hauteur de la marque, & ils achevoient de verſer leurs 14 pintes entre 0, & la 60^{e}. ſeconde. Je fis cette expérience d'une autre maniére, pour éviter le doute de l'inégalité de l'eau qu'on verſoit : On mit 7 pintes dans le réſervoir depuis une marque comme H juſques à une autre comme L en égale diſtance du point B ; on tenoit l'ouverture fermée juſques à ce qu'on commençât à compter les ſecondes, & on obſervoit que le haut de l'eau étoit au point L.

Il eſt aiſé de juger que pendant cet écoulement il ſortoit ſenſiblement autant d'eau que ſi elle fût toujours demeurée à la hauteur médiocre B de 13 piés, parce que ſi elle alloit plus vîte étant en L, elle alloit auſſi moins vîte étant en H dans la même proportion.

Les expériences que j'ai faites à de grandes hauteurs comme 35 piés, donnoient environ un 17^{e}. ou un 18^{e}. moins que ſelon la raiſon ſous-doublée de 13 piés à ces hauteurs ; & celles que j'ai faites à des hauteurs de 6 ou 7 piés, donnoient un peu plus : ce qui procéde du frottement plus grand ou moindre contre les bords de l'ouverture de 3 lignes, & de la moindre ou plus grande réſiſtance de l'air : mais comme ces différences ſont peu conſidérables, on peut faire les calculs préciſément ſelon la régle de la raiſon ſous-doublée. Voici une table des quantitez d'eau que donnent les réſervoirs de différentes hauteurs juſques à 52 piés par un ajutoir de 3 lignes de diamétre.

Table des dépenſes d'eau à différentes élévations de réſervoirs ſur trois lignes de diamétre d'ajutoir pendant une minute.

Hauteurs des Réſervoirs.	Dépenſe d'eau.
6 piés	9 pintes $\frac{1}{2}$.
9 piés	11 pintes $\frac{2}{3}$.
13 piés	14 pintes.
18 piés	16 pintes $\frac{1}{2}$.
25 piés	19 pintes $\frac{1}{3}$.
30 piés	21 pintes $\frac{1}{3}$.
40 piés	24 pintes $\frac{1}{2}$.
52 piés	28 pintes.

Voi-

Voici comme on en fait les calculs. Soit 2 piés la hauteur du réservoir; le produit de 2 par 13 est 26, dont la racine est 5 $\frac{1}{10}$ à peu près; comme 13 à 5 $\frac{1}{10}$, ainsi 14 pintes à 5 $\frac{1}{2}$ à peu près: d'où l'on conclut qu'un réservoir de 2 piés de hauteur par 3 lignes, donnera 5 pintes & $\frac{1}{2}$ en une minute.

Si la hauteur étoit 45 piés, on prendroit la racine quarrée de 585 produit de 13 par 45; cette racine est 24 $\frac{3}{16}$ à peu près; donc comme 13 à 24 $\frac{3}{16}$ ainsi 14 à 26 à peu près: d'où l'on connoîtroit qu'un réservoir de 45 piés donneroit 26 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes.

Lors qu'on applique un long tuyau étroit, à un large réservoir, & que ce tuyau est perpendiculaire, il donne plus d'eau que si le tuyau n'y étoit pas, & qu'il y eût seulement au bas du réservoir une ouverture égale à l'ouverture du tuyau. Voici quelques expériences que j'en ai faites.

ABCD est un réservoir d'un pié de largeur & de hauteur. On met à l'ouverture E un tuyau de verre de 3 piés, large de 3 lignes en haut & de 3 lignes $\frac{1}{2}$ en bas vers F. S'il n'y eût eu qu'un trou de 3 lignes en E sans tuyau, il eût donné en 60 secondes un peu moins de 4 pintes selon les Régles ci-dessus; & s'il eût été large également par tout comme AB, la hauteur GE étant de 4 piés & l'ouverture E étant de 3 lignes, il eût donné environ 8 pintes $\frac{1}{2}$ par les mêmes régles: mais le tuyau y étant, il n'a donné environ que selon la moyenne proportionnelle entre 4 pintes & 8 pintes $\frac{1}{2}$. La cause de ce qu'il donne plus que par 3 lignes en F, procéde de l'accélération qui se fait de l'eau coulante par le tuyau qui augmenteroit selon les nombres impairs, s'il n'y avoit que le tuyau; mais elle est retenuë par celle qui est dans le réservoir qui diminuë cette accélération, parce qu'elle ne peut s'en séparer; mais aussi celle du tuyau fait suivre plus vîte celle qui est dans le réservoir, qu'elle ne feroit, si le tuyau n'y étoit pas ajuté, & par ce moyen il se fait une vitesse moyenne d'écoulement qui change selon la longueur & la largeur des petits tuyaux. TAB. XVII. Fig. 72.

J'ai remarqué dans ces expériences, que le tuyau étant inégalement large aux deux extrémitez comme en celui-ci, qui étoit de 3 lignes à un bout, & de 3 $\frac{1}{2}$ à un autre, il donnoit toujours la même quantité quelque bout qu'on mît dans le trou E; ce qui procedoit de ce que toute l'eau se vuidoit toujours en même tems, demeurant tout rempli d'un bout à l'autre.

J'ai fait une autre expérience semblable. On avoit soudé un tuyau de 6 piés de longueur & d'un pouce de largeur à l'ouverture E d'un pié cube, qui ayant été rempli d'eau avec le tuyau s'est vuidé en 37 secondes; & ayant coupé le tuyau par le milieu H, il se vuida en 45; & le coupant par le haut E, il se vuida en 95: d'où l'on voit que la longueur du tuyau donne plus d'accélération.

Un

Un autre bacquet dont l'eau étoit à 4 pouces au dessus du trou E de 4 lignes où est le tuyau EF, a donné, lorsqu'il étoit de 2 piés de hauteur, 12 mesures $\frac{1}{2}$ de celles dont il n'eût donné que 8 $\frac{1}{2}$ par la hauteur de 4 pouces; & si le bacquet eût été jusques à F, il en eût donné jusques à 18 $\frac{1}{2}$: ainsi c'est un moyen proportionnel qui procéde de l'accélération de l'eau qui remplit toujours le tuyau, & fait descendre plus vîte l'eau par E, mais non pas si vîte que si le bacquet avoit 28 pouces de hauteur: on a trouvé ces 8$\frac{1}{2}$, le même tuyau n'ayant qu'un pouce de hauteur, parce qu'il se faisoit peu d'accélération. Un autre tuyau de 4 piés fit presque le même effet; il avoit 4 lignes à un bout & 4$\frac{1}{2}$ à l'autre; on le mit au trou E selon les deux positions; & il donna la même quantité d'eau, sinon qu'il sembloit que les 4 lignes étant en E & les 4$\frac{1}{2}$ en F, il en sortit 3 ou 4 cueillerées davantage.

TAB. XVII. Fig. 72. 73.

Mais ayant appliqué un tuyau étroit de 2 piés & demi de longueur & $\frac{5}{4}$ de lignes d'ouverture, il n'en est pas sorti $\frac{1}{8}$ davantage, quand le tuyau étoit de sa longueur, que quand il étoit seulement d'un pouce; ce qui procéde du frottement le long du tuyau étroit qui empêche l'eau d'accélérer sa vitesse en tombant.

TROISIÉME DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.

On a vu dans le 3e. Discours de la 2e. Partie, que les eaux qui jaillissoient avec des vitesses égales par de différentes ouvertures, faisoient équilibre par leur choc avec des poids qui étoient l'un à l'autre en raison doublée des diamétres des ouvertures. On doit dire la même chose à l'égard de la dépense de l'eau qui sort par des ajutoirs différens au dessous des réservoirs d'égales hauteurs, savoir qu'ils dépensent de l'eau selon la raison doublée des diamétres des ouvertures: on en fait la démonstration en cette sorte.

DÉMONSTRATION.

TAB. XVII. Fig. 74.

A B est un plan percé d'une ouverture ronde *e f*. C D est un autre plan percé d'une autre ouverture *g h* plus petite. I L est un cylindre passant entiérement par l'ouverture *e f* en un certain tems, comme de 2 secondes selon une vitesse uniforme. M N un autre cylindre de même longueur, mais dont la base est plus petite, laquelle passe aussi entiérement par l'ouverture *g h* dans le même tems de deux secondes. Il est manifeste que si le diamétre *e f* du cylindre I L, qui est le même

que

que celui de l'ouverture, eſt double du diamétre *g h*; le grand cylindre ſera quadruple de l'autre, puis qu'ils ſont l'un à l'autre comme leurs baſes, dont chacune eſt ſuppoſée égale à l'ouverture par où ils paſſent. Or puis qu'ils vont de même viteſſe, quand la moitié du grand cylindre ſera paſſée, la moitié du petit le ſera auſſi, & ce qui ſera paſſé de l'un & de l'autre ſera toujours dans la même proportion de 4 à 1. Donc ſi on ſuppoſe que ces cylindres ſoient des jets d'eau qui aillent de même viteſſe, il paſſera toujours en même tems 4 fois autant d'eau par la grande ouverture que par la petite, qui eſt la raiſon doublée des diamétres des ouvertures, & de même à l'égard des autres proportions. Pour confirmer cette régle, on a fait les expériences ſuivantes.

I. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir ayant 12 piés 4 pouces d'élévation, a donné par une ouverture de 3 lignes bien méſurées 14 pintes en 61 ſeconde ½, en l'entretenant plein; & par un trou de 6 lignes bien meſurées, il a donné la même quantité en 15 ſecondes ½: c'eſt à peu près ſelon la proportion doublée des diamétres; car il en eût donné 56 pintes ½ environ dans le tems de 62 ſecondes.

II. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir de 24 piés 5 pouces de hauteur a donné par la même ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 ſecondes ½, & une autre fois en 45; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 11 & ¼ à peu près; & ayant reïteré l'expérience, elle les a données en 11 ſecondes préciſément. Par ces deux expériences & par pluſieurs autres ſemblables qu'on a faites dans de médiocres hauteurs depuis 5 piés juſques à 27, on a trouvé que les différentes ouvertures donnoient toujours de l'eau ſenſiblement & à fort peu près ſelon les proportions de leurs ſurfaces, & qu'on peut ſuivre cette régle.

RÉGLE

Pour la dépenſe des eaux jailliſſantes.

LEs jets d'eau par différentes ouvertures miſes au deſſous de réſervoirs d'égales hauteurs, donnent de l'eau ſelon la raiſon des ouvertures, ou ſelon la raiſon doublée des diamétres des ouvertures.

Table des dépenses d'eau pendant une minute par différens ajutoirs ronds, l'eau du réservoir étant à 13 piés de hauteur.

Diamétres.	*Dépenses.*
Par l'ajutoir de 1 ligne	1 pinte & $\frac{10}{18}$.
par 2 lignes	6 pintes $\frac{2}{9}$.
par 3 lignes	14 pintes.
par 4 lignes	25 pintes à peu près.
par 5 lignes	39 pintes.
par 6 lignes	56 pintes.
par 7 lignes	76 $\frac{1}{4}$.
par 8 lignes	110 $\frac{2}{3}$.
par 9 lignes	126.
par 12 lignes	224 pintes.

Si l'on veut se servir du calcul des pouces, on trouvera que l'ouverture de 3 lignes donnera un pouce, celle de 6 lignes 4 pouces, & celle de 12 lignes 16 pouces.

Il y a quelquefois des causes qui empêchent l'exactitude de ces régles, de maniére que fort souvent les grandes ouvertures donnent un peu plus à proportion que les plus petites, & quelquefois elles donnent moins. De même les plus grandes hauteurs donnent quelquefois un peu plus que selon la raison sous-doublée, & quelquefois elles donnent un peu moins. J'en ai fait les expériences suivantes.

III. EXPÉRIENCE.

JE pris un tuyau de demi pié de diamétre & d'environ 6 piés de hauteur, ayant un tambour ou réservoir au haut qui contenoit environ 12 pintes; je mis au fond la même plaque percée d'une ouverture de 12 lignes qui avoit servi aux premiéres expériences, & un autre de 4 lignes dans le même fond; l'ouverture de 12 lignes étoit distante d'environ un pouce du bord de la base, & celle de 4 lignes aussi à un pouce; on mettoit un grand bacquet au dessous où il y avoit une séparation qui le divisoit inégalement, on l'ajustoit en sorte que l'eau qui couloit par les 4 lignes entroit en la petite séparation, & celle qui couloit par le pouce dans l'autre; le tuyau étant plein, on laissoit couler en même tems les 2 ouvertures, & on retiroit le bacquet tout à coup, en sorte que les 2 ouvertures cessoient d'y couler sensiblement en un même moment: on a toujours trouvé que le grand trou, qui selon la 2e. régle devoit donner 9 fois autant que le petit, n'en donnoit que 8 fois autant, & 8 fois & quelque peu davantage dans d'autres expériences. La cause de cet effet est la même que celle dont on a parlé ci-devant, savoir que l'eau ne coule pas si facilement par la grande ouverture que par

par la petite: Car la grande devant donner 9 fois autant d'eau, il faut que celle qui doit ſucceder à celle qui coule, vienne de près d'un pié de circonférence, & la diſtance d'un côté du tuyau n'étoit que d'un pouce, & la plus éloignée ſeulement de 4 pouces; ce qui retardoit l'écoulement, l'eau ſupérieure ne pouvant venir auſſi vîte qu'il eût été néceſſaire: au lieu que dans la petite ouverture il ſuffiſoit d'une diſtance d'un pouce de tous côtez pour fournir aſſez vîte à l'écoulement: & cette différence faiſoit ce 9e. de différence dans les quantitez des eaux écoulées, comme dans l'expérience du pouce dont le centre étoit plus bas que la ſurface de l'eau de 7 lignes qui ne donnoit que 13 pintes $\frac{3}{8}$, au lieu que le trou de 6 lignes donnoit le quart de 15 pintes, ſon centre étant à la même diſtance de 7 lignes de la ſurface ſupérieure de l'eau.

IV. EXPERIENCE.

POur ôter cette difficulté de l'écoulement, on fit pluſieurs expériences dans un tonneau, dont le fond étoit aſſez large pour placer l'ouverture de 12 lignes à un pié du bord le plus proche, & on mit la petite ouverture à plus d'un pié de diſtance de la grande. L'expérience ayant été faite avec le même bacquet où il y avoit une ſéparation, on trouva toujours que la grande ouverture donnoit moins que 9 fois plus que la petite; car il s'en manquoit quelquefois $\frac{1}{18}$, quelquefois $\frac{1}{20}$, c'eſt à dire que ſi la petite avoit donné chopine, la grande donnoit 8 chopines & demi ou 8 chopines & $\frac{3}{5}$. On meſura exactement de nouveau les 2 ouvertures, & on trouva que celle de 12 lignes étoit tant ſoit peu plus forte à proportion que celle de 4 lignes; du moins on étoit aſſeuré qu'elle n'étoit pas plus foible, & par conſéquent que le défaut de la quantité d'eau qu'elle devoit donner, ne procedoit pas de cette cauſe. Dans les expériences qu'on fait ſéparément avec des ouvertures différentes, les grandes ouvertures donnent ordinairement plus à proportion que les petites: il y a trois cauſes qui peuvent contribuer à cet effet.

La premiére, qu'il y a plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes: car les circonférences des ouvertures différentes ne ſont l'une à l'autre que ſelon la raiſon des diamétres, au lieu que les eaux qu'elles donnent ſont en raiſon doublée des mêmes diamétres. Or ſi l'on ſuppoſe que l'eau par ſa viſcoſité s'attache un peu aux bords des ouvertures, il faudra retrancher par cette raiſon une petite partie de la largeur des diamétres. Par exemple, à une ouverture de 3 lignes on peut retrancher $\frac{1}{10}$ de ligne: c'eſt pourquoi à une ouverture de 6 lignes, quoique le quarré de 6 ſoit quadruple du quarré de 3, & que les ouvertures rondes ſoient entr'elles comme les quarrez, dont les côtez ſont égaux aux diamétres des cercles, néanmoins la circonférence de l'ouverture qui a 6 lignes de diamétre, ſera ſeulement double de celle qui a trois lignes; c'eſt pourquoi il ne faudra retrancher qu'un

cinquiéme ou deux dixiémes pour cet empêchement. D'où l'on voit que les jets de plus grande ouverture ne sont pas si fort retardez & empêchez que les petits, & donnent plus d'eau à proportion de leurs diamétres.

La seconde cause est qu'un petit filet d'eau trouve plus de résistance dans l'air à sa sortie, qu'un gros jet, comme il arrive aux petites balles de plomb qui ne vont pas si loin que les grosses, quoiqu'elles sortent d'un même mousquet en même tems.

La troisiéme cause est le choc plus grand de l'eau qu'on verse pour entretenir l'écoulement des plus grandes ouvertures. Car pour entretenir un réservoir plein, dont l'eau ne sort que par 4 lignes, il suffit de verser l'eau tout doucement avec un petit vaisseau: mais lorsque le jet est de 12 lignes de largeur, il faut verser l'eau à plein seau, & avec une grande vitesse; ce qui donne une impulsion à l'eau qui la fait aller plus vîte que s'il n'y avoit que le seul poids qui la poussât: On en a fait l'expérience en mettant horizontalement une ouverture d'un pouce de hauteur & de 4 de longueur: car elle donne en 36 secondes $\frac{1}{2}$ une quantité d'eau qu'elle ne devoit donner que dans le quart de 154 secondes, savoir en 38 $\frac{1}{2}$, ce qui procedoit de ce qu'on versoit avec grande force l'eau pour entretenir celle qui sortoit, & même quand on n'entretiendroit pas les reservoirs pleins, l'eau descend bien plus vîte par un tuyau de 3 ou 4 pouces de largeur quand le jet est gros, que quand il est petit; ce qui augmente nécessairement la vitesse de la sortie. Ces trois causes jointes ensemble sont quelquefois un peu plus fortes que la seule difficulté de l'écoulement, & quelquefois elles ne font que l'égaler, lorsqu'on fait les expériences séparément par de différentes ouvertures.

Voici quelques expériences que j'en ai faites avec une ouverture de 3 lignes & une de 6 lignes.

I. EXPÉRIENCE.

L'Ouverture de 3 lignes ayant son réservoir à 5 piés & demi de hauteur, a donné 14 pintes de 2 livres de poids en 93 secondes; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 23 secondes au lieu de 23$\frac{1}{4}$.

II. EXPÉRIENCE.

UN réservoir étant à 24 piés & un peu plus, a donné par l'ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 secondes & demi; & par 6 lignes, en 11 secondes en entretenant la hauteur de l'eau dans le réservoir.

III. EX-

III. EXPERIENCE.

DE la hauteur de 12 piés $\frac{1}{3}$ le trou de 3 lignes a donné 14 pintes médiocres en 61 secondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein; & par le trou de 6 lignes, il les a données en 15$\frac{1}{2}$.

IV. EXPÉRIENCE.

ON mit une marque dans le tambour ou réservoir qui étoit au haut du tuyau plus haut que celle qui marquoit les 12 piés 4 pouces, & un autre plus bas en égale distance, afin que laissant écouler l'eau depuis la marque supérieure jusques à l'inférieure, cela fit le même effet que si on l'avoit entretenu plein à 12 piés 4 pouces: il entroit 13 pintes $\frac{1}{2}$ dans le réservoir depuis la marque inférieure jusques à la supérieure; elles s'écoulérent par 3 lignes en 58 secondes, & par 6 lignes en 15 au lieu de 14$\frac{1}{2}$.

V. EXPÉRIENCE.

LE réservoir étant à 24 piés 3 pouces, & à la marque du milieu, a donné par les 3 lignes 14 pintes en 44 secondes $\frac{1}{2}$, & par les 6 lignes en 12 & $\frac{1}{2}$ à peu près; & en laissant écouler les 13 pintes $\frac{1}{4}$ depuis la marque supérieure, il s'est employé 42 secondes par les 3 lignes, & 10$\frac{1}{2}$ par les 6 lignes: cette derniere expérience rend les proportions égales aussi-bien que la 2^{e}.

On a trouvé à peu près de même en un réservoir de 35 piés.

Par ces différentes expériences on voit que l'on peut suivre la 2^{e}. régle sans craindre aucune erreur considérable, & que les causes contrariées font toujours une compensation assez juste quand on fait les expériences.

A l'égard de la raison sous-doublée des hauteurs de réservoirs, il y a deux causes qui la diminuënt, & deux qui l'augmentent.

Celles qui la diminuënt, sont, que l'air résiste plus à proportion à une grande vitesse qu'à une petite, & que le frottement est plus grand contre les bords de l'ajutage.

Celles qui l'augmentent, sont les mêmes qui font quelquefois que les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites: savoir, qu'il faut verser l'eau avec plus de force, pour entretenir les réservoirs pleins dans une grande hauteur que dans une petite, & que l'eau descend plus vîte quand on la laisse écouler.

Ces causes se compensent assez justement l'une par l'autre: mais il arrive plus ordinairement qu'il y a un peu moins qu'à la raison sous-doublée dans les grandes hauteurs: mais quand on fait les expériences dans un

un même fond de réservoir en même tems, les grandes ouvertures donnent toujours moins à proportion que les plus petites.

TAB. XVIII. Fig. 75. *Toricelli* a démontré dans un petit Traité qu'il a fait du Mouvement des Eaux, que s'il y a un réservoir A B C D percé au fond en E d'une petite ouverture comme de 4 à 5 lignes, & que l'eau étant jusques à la ligne A B, elle puisse s'écouler en 10 minutes sans y rien ajouter; elle passera des espaces inégaux en descendant dans des tems égaux, en sorte que si l'on divise la ligne B C en 100 parties égales, elle descendra pendant la premiére minute de 19 de ces parties, pendant la 2e. de 17, pendant la 3e. de 15 &c. & ainsi de suite selon les nombres impairs jusqu'à l'unité, tellement que la derniere partie se vuidera en la derniére des 10 minutes. La raison de cet effet est fondée sur la premiére Régle expliquée ci-dessus, que les vitesses des eaux coulantes sont en raison sous-doublée des hauteurs, & par conséquent qu'elles sont entr'elles comme les ordonnées d'une parabole A B C, commmençant par la plus grande A B, & finissant au point C; ce qui fait que les espaces passez en même tems par la surface de l'eau A B sont comme les nombres impairs de suite commençant par le plus grand.

De là on tire une conséquence, que si on mésure la quantité d'eau qui est contenuë dans le réservoir jusques à la ligne A B, & qu'elle s'écoule en 10 minutes; il en sortira deux fois autant dans le même tems, si on entretient toujours le réservoir plein jusques à la hauteur A B: ce qui procéde de ce que si une goute d'eau étoit tombée dans un certain tems depuis B jusques à C, & qu'elle continuât sa vitesse acquise au point C sans l'augmenter ni diminuër, elle passeroit dans le même tems un espace double de B C. Or l'eau qui sort au commencement par l'ouver E, a une vitesse égale à celle que la goute tombant auroit acquise au point C, & toute l'eau qui sort a toujours la même vitesse si ce réservoir demeure plein; c'est pourquoi il en sortira deux fois autant dans les 10 minutes, qu'il en sort en la laissant écouler sans y rien ajouter, & dans 5 minutes autant qu'il en contient.

TAB. XVIII. Fig. 76. 77. Mais la même chose n'arrive pas quand ce tuyau n'est que d'un demi pié de largeur & de 2 ou 3 piés de hauteur, comme le tuyau A B C D, ayant l'ouverture K de 6 lignes: car la vitesse de l'eau qui descend pendant l'écoulement, donne une impulsion à celle qui sort, laquelle jointe au poids de l'eau, la fait aller plus vîte qu'elle ne fait quand elle descend très-lentement, ce tuyau étant fort large. J'ai trouvé plusieurs fois que si l'eau s'écouloit entiérement d'un tel réservoir en 4 minutes, qu'il s'en manquoit $\frac{1}{6}$ quand on l'entretenoit plein, qu'il n'en sortît autant pendant 2 minutes; & si ce tuyau contenoit 24 pintes & qu'elles s'écoulassent en 4 minutes, il n'en sortoit que 20 pintes en l'entretenant plein pendant l'espace de 2 minutes, & pour en donner 24, il falloit 2 minutes & 24 secondes: ce defaut provient aussi de ce que le jet est plus retardé par le frottement & par la résistance de l'air à propor-

portion quand il eſt vîte, que quand il eſt foible, comme on l'a expliqué ci-devant, & ainſi il eſt toujours également retardé par ces deux cauſes, quand le tuyau eſt entretenu plein ; mais il l'eſt bien moins quand l'eau n'eſt qu'à la hauteur L M, encore moins quand elle eſt deſcenduë juſqu'à F G. Il eſt vrai que s'il ſe fait un tournoyement dans l'eau, comme il arrive ſouvent, alors l'écoulement ſera retardé & pourra recompenſer l'effet de l'accélération : ce tournoyement ſe fait lors que le trou n'eſt pas dans un même plan, & que l'eau coulante ſort un peu de travers en un endroit.

Dans la derniére expérience que j'ai faite ſur cette matiére, l'eau avoit 10 pouces de hauteur au deſſus d'une ouverture de 4 lignes qui étoit coulée ſur le fond intérieur du ſeau : on avoit poſé à côté de l'ouverture à la même hauteur un bâton où l'on avoit pris 10 pouces qu'on avoit diviſez en 36 parties ; la premiére auprès de l'ouverture avoit une de ces parties, la ſeconde 3, la troiſiéme 5, la quatriéme 7, la cinquiéme 9, & la ſixiéme 11 : la premiére diviſion d'enhaut s'écoula en 39 ſecondes ; les 2 ſuivantes de même ; la 4[e] n'employoit environ que 36 ſecondes, & chacune des deux autres encore moins, quoique l'eau fit alors un tournoyement, ce qui arrivoit par l'accélération de la viteſſe de l'eau, quand elle étoit ſortie de l'ouverture. La même proportion s'obſerve encore bien moins quand l'ouverture eſt fort grande à proportion de la hauteur, comme ſi elle a ſon diamétre égal à la 4[e]. ou 5[e]. partie de celui de la baſe du cylindre A B C D : car l'eau coulera en grande abondance, & par conſéquent elle accélérera beaucoup ſa viteſſe en deſcendant, & choquera ſi fort celle qui ſort, qu'encore qu'alors ſon poids ſoit moindre que lorſqu'elle étoit en A B, cette impulſion ſurpaſſera ce défaut, & il ſortira plus d'eau par l'ouverture K quand la ſurface ſupérieure ſera arrivée en H I ou L M, que quand elle étoit en A B. Cette vérité ſe connoîtra aiſément, ſi l'on conſidére que lorſque le tuyau eſt tout ouvert, l'eau ſupérieure deſcend en des tems égaux ſelon les nombres impairs de ſuite 11, 9, 7, 5, 3, 1, &c ; & que lorſque le tuyau eſt fort large, & l'ouverture fort petite, elle deſcend ſelon les nombres 7, 9, 7, 5, 3. Et il ſuit néceſſairement qu'on peut proportionner les hauteurs, les largeurs, & les ouvertures du tuyau, de telle ſorte qu'il ſe fera un temperament de viteſſe tel qu'on voudra dans les écoulemens, c'eſt à dire qu'on pourra faire paſſer les 2 moitiés en deux tems égaux, & que la 3[e]. partie vers le bas ſe vuidera en un tems 3 fois moindre que le reſte, & ainſi des autres parties : mais lorſque l'eau ſera beaucoup deſcenduë comme en F G, elle n'accélérera plus, mais elle diminuëra toujours de viteſſe ; car alors la preſſion ſera diminuée de plus de moitié, & l'accélération ceſſera néceſſairement de beaucoup, & alors elle ira toujours en diminuant juſques à la fin. On a expérimenté dans un tuyau de verre de 5 piés de hauteur, de 10 lignes de largeur, & de 2 lignes d'ouverture, diviſé en 5 parties, que la premiére ſe paſſoit

en 7 mesures de tems, la 2^e. en 6, la 3^e. en 6, & la 4^e. en 7, à peu près, & le rèste toujours en diminuant : d'où il s'ensuit, que dans un tel tuyau il y a deux endroits différens, l'un vers le haut, & l'autre vers le milieu du tuyau, où l'eau descend avec la même vitesse. On voit de là qu'il est impossible que l'eau descende uniformément tout le long des vaisseaux cylindriques quels que soient les largeurs & les hauteurs, & les ouvertures ou ajutages : Car si le poids qu'elle a en HI joint à l'impulsion de sa vitesse, la fait sortir avec une certaine vitesse par K, l'impulsion de la même vitesse, si elle la conservoit, joint au poids qu'elle a en LM, qui sera la moindre, la fera sortir moins vîte; & par conséquent l'eau supérieure descendra moins vîte en L M qu'en H I; d'où il s'ensuit, que si dès le commencement l'eau supérieure diminuë de vitesse, elle diminuëra toujours jusques à la fin.

De là on pourra juger en combien de tems un muid ou autre vaisseau pourra se vuider en le laissant écouler par une certaine ouverture. TAB. XVIII. Fig. 78. Car, soit A B C D un muid de *Paris*, posé debout, ayant une ouverture de 4 lignes en E. La hauteur ordinaire du vin entre les fonds, qui est de 30 pouces ou 2 piés & demi, par 13 piés, fait 32 $\frac{1}{2}$, dont la racine est 5 & $\frac{12}{17}$ à fort peu près; & comme 13 à 5 $\frac{12}{17}$, ainsi 14 à 6$\frac{1}{6}$ à fort peu près. Donc, si l'ouverture E étoit de 3 lignes, il en sortiroit, le muid étant entretenu plein, 6 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute; mais étant de 4 lignes, les surfaces de ces ouvertures sont comme 9 à 16 : Donc comme 9 à 16 ainsi 6 $\frac{1}{6}$ à 10 $\frac{25}{27}$, c'est-à-dire à 11 un peu moins. Et si 11 pintes me viennent d'une minute, quel tems me donneront 280 ? on trouvera environ 25 minutes & demi en entretenant toujours le vaisseau plein d'eau. Donc, par ce qui été dit ci-dessus, il faudra le double de ce tems, savoir 51 minutes pour le laisser écouler. Puisque l'ouverture sera très-petite à proportion de la largeur, les renflemens A G D & B F C n'apporteront point de différence considérable à ce calcul.

Il est bon de resoudre ici un Problême assez curieux, que *Toricelli* n'a pas entrepris de resoudre, quoiqu'il l'ait proposé. Ce Problême est de trouver un vaisseau de telle figure qu'étant percé au fond d'une petite ouverture, l'eau supérieure passe en descendant des hauteurs égales TAB. XVIII. Fig. 79. en des tems égaux. Si dans la figure conoïdale B L est à B N, comme le quarré quarré de L M est au quarré quarré de N O; & B N à B H, comme le quarré quarré de N O au quarré quarré de H K, & ainsi de suite : l'eau descendra depuis A D C uniformément jusques à l'ouverture, qui est en B. Car, soit B P la moyenne proportionnelle entre B D & B H. D'autant que les quarrez quarrez de K H & de D C sont entr'eux comme les hauteurs B H, B D; les quarrez de H K, D C, seront en raison sous-doublée de B H à B D, ou comme les hauteurs B P, B D. Mais la vitesse de l'eau qui sort en B par la charge de la hauteur B D est à la vitesse de celle qui sort par la charge de la hau-

hauteur BH en raifon fous-doublée de B D à B H, c'eft-à-dire, comme B D à B P. Donc la viteffe de l'eau defcendante de H, eft à la viteffe de l'eau defcendante de D, comme le quarré de H K au quarré de D C. Mais la furface circulaire de l'eau en H eft à la furface circulaire de l'eau en D, comme le quarré de H K au quarré de D C. Donc elles couleront & defcendront auffi vîte l'une que l'autre. Et fi la furface A D C s'écoule en une feconde, la furface G H K s'écoulera auffi en une feconde, puifque les quantitez font comme les viteffes. La même chofe arrivera aux autres furfaces en E, en F &c. Mais il faut que l'ouverture en B foit très-petite, afin qu'il ne fe faffe point d'accélération confidérable, & que l'eau ne forte par l'ouverture B fenfiblement, que felon la proportion de fon poids. Un tel vaiffeau peut fervir de Clepfidre ou Horloge d'eau.

EXPLICATION EN NOMBRES.

SOit D B 16 & B I l'unité: le quarré quarré de I R fera l'unité fi le quarré quarré de D C eft 16, & par conféquent D C fera 2 fi I R eft 1. Soit B H moyenne proportionnelle entre B I & B D, qui fera par conféquent 4: la viteffe par le poids D B eft 16: mais le cercle ou la furface I R fera 1, & le cercle D C fera 4: donc ces quantitez feront comme leurs viteffes, & par conféquent dans le même tems les furfaces, ou les cercles D C & I R, s'écouleront; & s'il faut une feconde de tems pour écouler la furface I R, il en coulera le quadruple en même tems par une viteffe quadruple, c'eft-à-dire, la furface D C, puifqu'elle eft quadruple de l'autre. La même proportion fe trouvera dans toutes les autres furfaces, qui compofent toute l'eau, ou dans les folides qui ont une épaiffeur indéfiniment petite. On fuppofe dans toutes ces expériences qu'il ne fe faffe point de tournoyement dans l'eau, ni de petit creux, comme dans les entonnoirs qui fe vuident.

RÉGLE.

S'Il y a deux tuyaux A B & C D d'égale hauteur, & de largeur inégale, quelle que foit cette inégalité; & que l'eau forte de leurs fonds par des ouvertures égales; il ne fortira pas davantage d'eau du tuyau étroit que du large en même tems en les entretenant pleins, pourvû que le tuyau le moins large ait fon diamétre environ 4 fois auffi grand que l'ouverture par où fort l'eau, & que l'eau n'ait point de mouvement circulaire dans les tuyaux: Car l'eau fortant par les ouvertures égales, élévera des poids égaux par ce qui a été dit ci-deffus; elle ira donc auffi vîte en l'un qu'en l'autre, & par conféquent il en fortira auffi autant d'eau en même tems. TAB. XVIII. Fig. 80.

S'il y a donc un réfervoir de 100 piés de diamétre, & un d'un pié, qui

qui soient d'égale hauteur, & percés au fond ou à côté d'ouvertures égales à même hauteur des surfaces de l'eau, il en sortira autant de l'un que de l'autre en même tems.

On fait ici une question, savoir, si l'on a deux tuyaux d'un pouce de largeur, & inégaux en hauteur, par exemple l'un de 5 piés, & l'autre de 10, & qu'on les emplisse d'eau, s'ils donneront autant d'eau l'un que l'autre en même tems. On répond qu'ils en donnent sensiblement autant l'un que l'autre, parce que l'eau dans tous les deux tombe également vîte, comme deux cylindres inégaux de même matiére dans le commencement de leur chûte; parce que l'air résiste très-peu à l'un & à l'autre, & ils s'accélérent sensiblement de même selon les nombres impairs: donc s'il sort 6 piés d'eau en un certain tems de l'un, il en sortira autant de l'autre. Que si l'on retressit le grand tuyau jusques à 4 lignes à sa base, il donnera plus d'eau dans le premier quart de seconde, qui s'il étoit tout ouvert: en voici le calcul.

Le produit de 13 par 52 est 676, dont la racine est 26; comme 13 à 26, ainsi 14 pintes à 28: donc en une minute ce trou donnera 28 pintes, ou 56 livres; & par une ouverture de 4 lignes, 99 livres $\frac{1}{2}$; & en une seconde, environ 26 onces & demi; & en un quart de seconde, 6 onces $\frac{1}{2}$: mais en un quart de seconde le cylindre d'eau ne descend que de trois quart de pié, qui sur une largeur d'un pouce ne vaut qu'un peu plus de 4 onces; donc en un quart de seconde il est sorti du grand cylindre 2 onces $\frac{1}{2}$ plus d'eau par l'ouverture de 4 lignes, que du petit cylindre tout ouvert.

QUATRIÉME DISCOURS.

De la mesure des eaux courantes dans un Aqueduc, ou dans une riviére.

POur mésurer les eaux courantes dans la conduite d'un Aqueduc, ou celles d'une riviére, qu'on ne peut pas recevoir dans un vaisseau, on se servira de la méthode suivante.

On mettra sur l'eau une boule de cire chargée d'un peu de matiére plus pesante, en sorte qu'il ne passe que fort peu de la cire au dessus de la surface de l'eau de peur du vent; & après avoir mésuré une longueur de 15 ou 20 piés de l'Aqueduc, on reconnoîtra avec un pendule à demi-secondes en combien de tems la boule de cire emportée par le cours de l'eau passera cette distance. Ensuite on multipliera la largeur de l'Aqueduc par la hauteur de l'eau, & le produit, par l'espace qu'aura parcouru la cire; le dernier produit, qui est solide, marquera toute l'eau qui aura passé pendant le tems qu'on aura remarqué, par une section de

l'A-

l'Aqueduc. Pour faire cette opération avec justesse, il faut que le lit de l'Aqueduc ait la même pente que la superficie de l'eau qui y passe, & de plus l'on suppose que l'eau coule également vîte au fond, au dessus, aux côtez.

EXEMPLE.

On suppose un Aqueduc qui ait deux piés de largeur, & que l'eau y soit haute d'un pié, & qu'en 20 secondes de tems la cire ait fait 30 piés; ce sera un pié & demi par seconde. Mais, parce que l'eau va plus lentement au fond qu'au dessus, il ne faut prendre que 20 piés; ce sera donc un pié par seconde: le produit d'un pié de hauteur par deux piés de largeur est 2, qui multiplié par 20 de longueur, donne 40 piés cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau, qui font 1400 pintes en 20 secondes: & si 20 secondes donnent 1400, 60 secondes en donneront trois fois autant, savoir 4200 pintes: & divisant 4200 par 14, qui est le nombre des pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 secondes, on trouvera le quotient de 300, qui sera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'Aqueduc.

On calculera facilement par cette maniére le nombre des pouces que donne la riviére de *Seine*: Car puis-qu'il passe par dessous le Pont rouge en une minute 200000 piés cubes d'eau, si on multiplie 35, qui est le nombre des pintes que contient un pié cube, par 200000, on aura 7000000 pintes, qui étant divisées par 14 donnent 500000, qui est le nombre des pouces que donne la riviére de *Seine* quand elle est dans sa médiocre hauteur.

Si l'on veut calculer de grandes ouvertures, comme une toise quarrée, il faut considérer la hauteur de la surface de l'eau au dessus du milieu de la toise; soit par exemple 5 piés, il y aura donc 8 piés jusques au milieu de la toise. Le produit de 8 par 13 est 104, dont la racine quarrée est 10 & $\frac{1}{5}$ à peu près; comme 13 à $10\frac{1}{5}$, ainsi 14 à 11 à fort peu près; & parce qu'un pouce rond est 16 fois plus grand qu'un rond de 3 lignes, un pouce surmonté de 8 piés donnera 16 fois 11 pintes, ou 176 pintes, qui divisées par 14 donnent 12 pouces $\frac{4}{7}$ pour un pouce de diamétre d'ouverture. Une ouverture ronde d'un pié de diamétre donne 144 fois davantage; le produit de 12 $\frac{4}{7}$ par 144 est 1810; le pié rond donnera donc 1810 pouces. La toise ronde contient 36 fois un rond d'un pié; le produit de 36 par 1810 est 65160; comme 11 à 14 ainsi 65160 à 82930: Donc la toise quarrée surmontée de 5 piés donnera 82930 pouces.

De là on connoitra que si l'on avoit retenu la riviére de *Seine* quand elle est dans sa grandeur un peu plus que médiocre, & qu'elle s'élevât jusques à 8 piés au dessus d'une ouverture quarrée de 10 piés & de 18 piés de largeur, elle y passeroit toute: car il y auroit jusques au centre

 du

du cercle qui auroit 10 piés de diamétre, 13 piés depuis la surface de l'eau retenuë, & elle donneroit par 3 lignes de diamétre d'ouverture un pouce; par un pouce de diamétre elle donneroit 16 pouces; par un pié 144 fois 16 pouces, qui font 2304 pouces; & multipliant ce nombre par 100 quarré de 10 piés, qui est la largeur de l'ouverture, on auroit 230400; & selon la proportion du cercle au quarré circonscrit, qui est de 11 à 14, on trouveroit 293236 pouces quarrez à peu près; & y ajoutant 8 piés en longueur, on auroit plus de 500000 pouces, qui est ce que donne la riviére de *Seine* étant médiocre, comme il a été dit ci-devant; & par conséquent elle passeroit toute par une ouverture quarrée qui auroit 18 piés de largeur & 10 de hauteur.

Si l'eau coule par un Aqueduc, ou par un Canal de riviére, selon une petite pente uniforme, elle acquerra dans un médiocre espace une vitesse qu'elle n'augmentera plus: car le frottement des bords & du fond du Canal, & le renversement des parties de l'eau du dessus au dessous, & la résistance de l'air aux petites vagues qui sont en la surface, lui font perdre une partie de sa vitesse, & par conséquent elle ne peut accélérer son mouvement que jusques à une certaine vitesse qu'elle acquiert en peu de tems: d'où il s'ensuit, que si une riviére a coulé par un assez long espace dans une certaine pente, & qu'elle coule ensuite par une pente moins roide, c'est à dire par un plan moins incliné, elle diminuëra de vitesse; car puisqu'elle aura acquis dans la premiére pente toute la vitesse qu'elle y peut avoir, qu'elle n'auroit pû acquerir dans une moindre, il s'ensuit qu'elle diminuëra de vitesse peu à peu dans cette pente qui est moindre, jusques à ce qu'elle soit réduite à la vitesse qu'elle y peut acquerir.

QUATRIÉME PARTIE.

DE LA HAUTEUR DES JETS.

PREMIER DISCOURS.

De la hauteur des Jets perpendiculaires.

ON a fait voir ci-devant que les jets devoient monter à la hauteur des réservoirs; mais que le frottement aux bords des ajutages, & la résistance de l'air, faisoient, que dans les jets fort élevez il s'en falloit beaucoup que la hauteur du jet n'arrivât à celle du réservoir.

Pour

Pour bien expliquer les régles qu'on doit ſuivre pour calculer les hauteurs des jets, ſelon les hauteurs de l'eau des réſervoirs, il faut conſidérer les régles ſuivantes.

PREMIÉRE RÉGLE.

Lors que les tuyaux qui fourniſſent l'eau ſont ſuffiſamment larges, plus l'ajutage eſt large plus il pouſſe loin ſon jet.

On en fait facilement l'expérience, ſi l'on a un muid debout plein d'eau, & qu'on le perce à côté vers le fond inférieur de 5 ou 6 ouvertures différentes à même hauteur horizontale, comme d'une ligne, de 2 lignes, de 4 lignes, de 6 lignes, de 10, de 12 &c. Car on verra toujours que la plus large ouverture pouſſera l'eau plus loin, pourvû que les ouvertures ſoient à même diſtance de la ſuperficie de l'eau. La même choſe arrivera dans des tuyaux de 3 ou 4 pouces de largeur, pourvû que l'ouverture n'excéde pas un pouce de diamétre.

La cauſe de cet effet eſt aſſez aiſée à expliquer, ſi l'on conſidére ce qui doit arriver à des boules de bois de différens calibres. Car puiſqu'elles ſont l'une à l'autre en raiſon triplée de leurs diamétres, leurs poids ſeront auſſi en même raiſon, comme auſſi leur force pour ſurmonter la réſiſtance de l'air : & par conſéquent ſi l'on jette avec la même viteſſe une boule de deux lignes de diamétre, & une autre de 4, cette derniére ira plus loin. On en voit l'expérience lorſqu'on met dans une même arme à feu de la poudre de plomb, de la dragée, & des balles ; car quoiqu'elles ſortent avec la même viteſſe, les dragées vont beaucoup plus loin que la poudre de plomb, & les balles beaucoup plus loin que les dragées ; & par la même raiſon un boulet de Canon ira plus loin qu'une petite balle de même métail pouſſée de même force. Il eſt vrai que ſi le réſervoir n'eſt qu'à 2 ou 3 piés, un jet par 8 lignes ne ſera pas ſenſiblement différent d'un jet par 10 ou 12 lignes, & un par 4 lignes ira ſenſiblement auſſi haut qu'un de 6 lignes : mais la différence ſera très-conſidérable aux jets de 30, 50, & 60 piés de hauteur, & au delà.

II. RÉGLE.

Les jets diminuënt de la hauteur du réſervoir ſelon la raiſon doublée des hauteurs où ils s'élévent.

Soit A B C un réſervoir ou tuyau jailliſſant par l'ajutage D, & ſoit la hauteur de l'eau dans le tuyau ſucceſſivement A & E : Je dis que ſi la ligne E H eſt le défaut du petit jet juſques à E, & G A le défaut du grand jet juſques à A, A G ſera à E H en raiſon doublée de D H à D G. TAB. XVIII. Fig. 81.

Car ſoit ſuppoſé que le poids de l'air ſoit au poids de l'eau comme 1 à 600, ou pour la facilité du calcul comme 1 à 60, & qu'une ſeule

goute ou parcelle d'air soit rencontrée tout auprès de la sortie de l'ajutage par la premiére goute d'eau du jet, & qu'ensuite elle monte librement comme dans le vuide. Il est évident par ce qui a été demontré dans les Régles des mouvemens des corps qui se choquent, que la goute d'eau perdra $\frac{1}{61}$ de sa vitesse, si cette vitesse est exprimée par 61. Soit donc D E 61, & D H 60, & que la goute soit retardée de $\frac{1}{61}$ à savoir E H. Soit maintenant la hauteur D A, la vitesse de la goute sera à sa premiére vitesse en raison sous-doublée de D E à D A, & cette goute par la rencontre d'une petite parcelle d'air perdra encore la 61[e]. partie de sa vitesse, & perdra une partie proportionnelle à H E selon la raison de D E à D A. Soit A L cette diminution, D E sera à D H, comme D A à D L. Mais comme on a supposé une parcelle d'air pour l'espace D E, il y aura autant de parcelles d'air par l'espace D A, à proportion que D A ou D G est plus grand que D E ou D H; & chaque parcelle diminuant sensiblement la hauteur de la goute d'eau dans la même proportion, ce sera une seconde raison égale à la premiére; & par conséquent A L étant à A G comme D E à D A, ou H E à A L, A G sera le défaut de hauteur de l'élévation de la goute d'eau; mais parce qu'il y a plusieurs parcelles d'air entre D & E, chacune desquelles retarde le mouvement de la goute dans les mêmes proportions, le mouvement de la goute dans l'espace D E sera beaucoup plus retardé que par la rencontre d'une seule parcelle comme on l'a supposé. Mais on peut considérer tous ces espaces d'air comme si ce n'étoit qu'une seule parcelle, & l'espace de l'air D A est aussi dans la même proportion que D A à D E, & par conséquent il faut ajouter une seconde raison égale à la premiére: d'où il s'ensuit que si A L est à A G en raison doublée de D E à D A, G A sera le défaut du jet au dessous de la hauteur de l'eau du réservoir D A, si E H est celui de la hauteur D E; ce qu'il falloit prouver.

EXEMPLE.

SOit D A quadruple de D E, la vitesse du jet de l'eau pressée par D A sera double de celle du jet de l'eau pressée par D E. Si l'on prend donc comme ci-dessus la hauteur D E pour 61, la hauteur D H sera 60: & comme la vitesse du grand jet est double, & qu'il doit s'élever à une hauteur quadruple, il perdra par la rencontre d'autant d'air qu'il y en a en D E, 4 fois autant de hauteur que H E; c'est à dire qu'au lieu que le jet devoit s'élever à D A 244, il ne s'élévera qu'à D L 240. Mais l'espace E A étant divisé en 3 parties égales, chacune sera égale à D E, & si la premiére fait perdre la hauteur A L, la deuxiéme en fera perdre autant en la même proportion que les différentes parties de D E en font perdre au premier jet: car en quelque partie du jet que ce soit, la vitesse du grand est toujours double de celle du petit; car il y

a toujours un espace quadruple de celui de l'autre à passer; il perdra donc encore outre la premiére partie trois autres égales L M, M N, N G: & A L étant posée 4, A G sera 16; & par conséquent le défaut A G sera au défaut E H en raison doublée de D E à D A, & si E H est d'un pouce, G A sera de 16 pouces.

Le frottement change un peu ces mesures, & la complication des espaces de l'air qui résiste: car dans les grands jets il s'en faudra beaucoup que l'espace de l'air passé soit en la raison des hauteurs des réservoirs, ce qui doit un peu diminuer du défaut, & c'est la hauteur des jets qu'il faut considérer; & ainsi si H D est 60, D G sera 240, le petit reservoir étant à 61 piés, & le grand étant à 256 piés.

Sur cette supposition il sera facile de calculer les hauteurs des jets à toutes les hauteurs des réservoirs une seule étant connuë, comme celle d'un réservoir de 5 piés, laquelle, comme il a été trouvé par plusieurs expériences, manque d'un pouce. Si donc on prend qu'un jet de 5 piés, dont l'eau qui le fournit n'est point serrée & coule facilement dans les tuyaux, doit avoir la surface de l'eau supérieure de son réservoir à 5 piés un pouce, un jet de 10 piés aura la hauteur de son réservoir à 10 piés 4 pouces; celui de 15 piés à 15 piés 9 pouces, celui de 20 piés à 20 piés 16 pouces, & ainsi de suite selon les quarrez de suite. On ne fait point le calcul en diminuant les hauteurs des réservoirs: car si l'on avoit pris un réservoir de 100 piés, il en faudroit diminuer 400 pouces, c'est à dire 33 piés $\frac{1}{3}$; un de 200 piés auroit de diminution environ 133 piés; & un de 400 piés le quadruple de 133 piés, savoir 532, & par conséquent il ne jailliroit point du tout; ce qui est impossible: car les jets jusques à cette hauteur doivent toujours augmenter: mais il faut prendre que le jet de 200 piés de hauteur aura son réservoir à 333 piés, & un jet de 400 piés à 932 piés.

Pour toutes les différentes hauteurs on se servira de la Table suivante.

Hauteur du Jet.	*Hauteur du Reservoir.*	
5. piés.	5. piés.	1. pouce.
10.	10.	4.
15.	15.	9.
20.	20.	16.
25.	25.	25.
30.	30.	36. ou 33. piés.
35.	35.	49.
40.	40.	64.
45.	45.	81.
50.	50.	100.
55.	55.	121.
60.	60.	144. ou 72. piés.
65.	65.	169.

Hau-

Hauteur du Jet.	*Hauteur du Réservoir.*	
70. piés.	70. piés.	196. pouces.
75.	75.	225.
80.	80.	256.
85.	85.	289.
90.	90.	324 ou 117. piés.
95.	95.	361.
100.	100.	400.

Ainsi le jet de 30 piés aura 33 piés de réservoir; celui de 60 piés 72 piés; celui de 90 piés 117 piés; celui de 100 piés 133 piés $\frac{1}{3}$; celui de 120 piés 168 piés: il ne faut point de table plus longue, car il n'est pas ordinaire de faire une hauteur de réservoir de 168 piés; & un jet de 120 piés se dissiperoit par sa violence en petites goutes imperceptibles, comme celles d'un brouillard; les tuyaux pourroient se rompre; & lorsque les tuyaux sont étroits, ou que le trou du robinet qu'on tourne pour faire passer l'eau, est beaucoup plus étroit que le reste du tuyau, les petits jets défaillent beaucoup plus que selon ces mésures; & alors il sort beaucoup moins d'eau qu'à proportion des hauteurs des réservoirs.

On calculera alors la dépense de l'eau selon les hauteurs des réservoirs, ausquelles conviennent les hauteurs des jets; comme si un réservoir de de 30 piés ne donne un jet que de 20 piés par le défaut de l'empêchement de sa conduite ou d'autres choses, alors il faudra calculer la dépense de l'eau, comme si le réservoir étoit à 21 piés 4 pouces avec une largeur de couduite suffisante.

Pour connoître les diminutions des hauteurs plus que selon la régle quand les trous sont petits, j'ai fait les expériences suivantes.

Le jet par une ligne à un tuyau de 4 piés & demi manquoit de prés de 6 pouces.

A un tuyau de 14 piés il manquoit de 3 piés.

A un de 27 il manquoit d'environ 8 piés: ce qui montre que les jets étroits ne jaillissent pas à leur véritable hauteur.

Pour connoître sans calcul la hauteur des jets avant même que d'en faire aucune expérience, il faut avoir une balle de plomb & une de bois, chacune de 5 lignes de diamétre, & les jetter avec même force en haut: si celle de plomb s'éléve à 27 piés, & celle de bois à 24 piés $\frac{1}{2}$, ce sera une marque qu'un reservoir de 27 piés ne fera son jet que de 24 piés $\frac{1}{2}$ par un trou de 5 lignes; car encore que la balle de bois soit plus legére que l'eau, le plomb est aussi un peu retardé par l'air: & si l'on jette le même plomb avec une petite balle de bois d'une ligne, & que le plomb aille à 14 piés, & la petite balle à 11; ce sera une marque qu'un jet par une ligne à un réservoir de 14 piés ne montera qu'à 11 piés.

Pour confirmer cette régle on a fait les autres expériences suivantes.

On

On a pris un tuyau de 3 pouces de largeur, au haut duquel on avoit soudé un tambour d'un pié de diamétre. La figure du tuyau étoit comme en la figure A B C D; la partie d'en bas étoit recourbée. On mit le réservoir A B à différentes hauteurs pour faire différentes expériences. TAB. XVIII. Fig. 82.

L'eau du réservoir étant à 24 piés 5 pouces plus haut que l'ouverture D, le jet est monté à 22 piés 10 pouces; l'ouverture de l'ajutage étoit de 6 lignes; le quarré de 22 $\frac{5}{6}$ est 521 $\frac{13}{36}$. C'est pourquoi nous faisons que comme 25 quarré de 5, est 521 $\frac{13}{36}$, ainsi 1 pouce de hauteur de réservoir par dessus 5 piés, est un peu moins de 21 pouces, qui doivent être ajoutez aux 22 piés 10 pouces pour avoir la hauteur du réservoir suivant les mésures de la Table précédente; ce qui fait 24 piés & près de 7 pouces, ce qui s'accorde assez bien avec l'expérience.

Le jet de 4 lignes à la même hauteur de réservoir n'est monté qu'à 22 piés 8 pouces $\frac{1}{2}$, & n'a été plus bas que d'un pouce ou 1 pouce & demi, que celui dont l'ajutage étoit de 6 lignes: mais celui de 3 lignes a été plus bas que celui de 6 lignes de près de 8 pouces, & n'a été qu'à 22 piés 2 pouces.

Un réservoir de 12 piés $\frac{1}{3}$ a fait sauter le jet de 6 lignes à 12 piés; c'est un peu plus que selon la régle.

Un autre réservoir à 5 piés $\frac{1}{2}$ de hauteur dans une conduite fort large, les ajutages étant de 3 lignes, de 4 lignes, & de 6 lignes, les jets ont jailli à peu près à 25 lignes au dessous de la surface de l'eau du réservoir, & celui de 3 lignes ne differoit de celui de 6 lignes que d'une ligne à peu près. Par le calcul le quarré de 5$\frac{1}{2}$ est 30$\frac{1}{4}$, & par la régle 25 piés est à 1 pouce, comme 30$\frac{1}{4}$ à 1$\frac{1}{5}$ un peu plus, ce qui donneroit la hauteur du réservoir seulement moindre d'une demi-ligne, que par l'expérience, cè qu'il n'est pas possible d'observer.

Les petits jets dans les petites hauteurs perdent fort peu par le choc de l'air, & ne sont guéres moins hauts que ceux de 6 lignes, pourvû que les tuyaux soient suffisamment larges: le surplus de la longueur n'augmente point la hauteur du jet, ni la quantité de l'écoulement, ou de la dépense de l'eau lors qu'on entretient les tuyaux pleins; car le jet qui peut soutenir l'eau qui doit sortir, est toujours d'égale force, & supporte des poids selon la grandeur de l'ouverture de l'ajutage.

Le réservoir étant de 26 piés 1 pouce, le trou de 6 lignes a jailli à 24 piés 2 ou 3 pouces; & par la régle, le quarré de 24 $\frac{1}{4}$ étant 588 $\frac{1}{16}$, comme 25 est à 588 $\frac{1}{16}$, ainsi 1 pouce à 23 pouces $\frac{1}{2}$ à peu près, qui doivent être ajoutez à 24 piés 2 pouces pour faire la hauteur du réservoir, qui sera donc de 26 piés 1 pouce $\frac{1}{2}$, comme l'expérience le fait voir.

La même hauteur de réservoir avec un ajutage de 10 lignes a fait jaillir le jet à 23 piés 9 pouces, & par un ajutage de 3 lignes il a jailli

à 22 piés. Dans la premiére de ces expériences le défaut de la hauteur procéde de ce que l'ajutage étoit trop large pour une conduite de 3 pouces, & que l'eau y allant fort vîte avoit beaucoup de frottement; & dans la feconde c'étoit la petiteffe du jet, qui ayant beaucoup d'air à traverfer étoit confidérablement retardé, & fa hauteur diminuée, comme il a été expliqué en la premiére & feconde confidération.

L'eau du réfervoir étant à 35 piés de hauteur moins un demi-pouce, par un ajutage de 6 lignes, le jet eft allé à 31 piés 8 ou 9 pouces; & par la régle, le quarré de 31 piés ½ étant 1002 à peu près, 25 eft à 1002, comme 1 à 40 pouces à peu près, c'eft à dire 3 piés 4 pouces, qui étant ajoutez à 31 piés 8 pouces, font 35 piés: ainfi cette expérience eft conforme à la régle.

Pour le même réfervoir l'ajutage de 3 lignes a jailli à 28 piés; celui de 4 lignes jufques à 30 piés; & un de 15 lignes à 27 piés feulement: par les mêmes raifons qui ont été dites; favoir qu'en cette derniére expérience la conduite du tuyau n'étoit pas affez large pour la groffeur du jet & pour la dépenfe de l'eau; & dans les deux premiéres, que la hauteur étant grande, l'air réfiftoit trop au petit jet de 3 & 4 lignes.

J'ai fait encore des expériences avec un réfervoir de 50 piés de hauteur, & les jets ont fuivi les même régles: l'ajutage de 6 ou 7 lignes faifoit les jets les plus hauts.

Lors qu'il y a un large réfervoir, comme d'un pié, au haut d'un tuyau de 50 ou 60 piés de hauteur, & de 3 pouces de largeur; il arrive que lors qu'on laiffe aller un jet de 9 ou 10 lignes, il ne monte pas fi haut qu'il devroit faire fuivant cette hauteur de réfervoir: car l'eau du réfervoir ne peut pas venir affez vîte des côtez qui font éloignez du trou, pour entrer dans le tuyau; & il s'y fait ordinairement une efpéce d'entonnoir en tournoyant à caufe de la trop grande dépenfe de l'eau qui fe fait par l'ajutage joint au frottement dans le tuyau, comme il a été expliqué ci-devant. De là il arrive un effet affez furprenant, qui eft que lorfque le jet eft allé d'abord à une hauteur comme de 45 piés, il diminuë, & ne va qu'à 44 piés, & enfuite il remonte à 46, ou à 47, ce qui arrive dès que l'air peut entrer par l'ouverture du tambour: car alors, outre l'accélération de l'eau qui va plus vîte, la hauteur du jet fe fait felon la hauteur de l'eau depuis le fond du tambour, & elle n'eft plus retenuë par l'eau fupérieure; cette raifon eft confirmée par l'expérience fuivante.

TAB. XVIII. Fig. 83. On fit faire un réfervoir de 6 piés de hauteur comme A B C D, & à un pié au deffous plus haut on fouda une platine en dedans, repréfentée par E F, percée d'une ouverture de 8 lignes de diamétre en G. On y verfoit de l'eau jufques à ce qu'elle commençât à couler par l'ajutage D, & l'on fermoit cette ouverture achevant de remplir le réfervoir. Pour avoir plutôt fait, il faut faire un petit trou au deffous de F comme

me en K, afin que l'eau entrant dans le réservoir par l'ouverture G, l'air puisse en sortir facilement, & le fermer ensuite quand le tuyau sera plein jusques à E F pour pouvoir achever de remplir le réservoir jusques en A B. Ce réservoir étant plein, on laissoit couler l'ouverture D, & le jet montoit au commencement comme jusques en I, & diminuoit peu à peu jusques à ce que l'eau fût au dessous de la platine; alors l'eau s'élevoit jusques vers K.

La cause de cet effet est la même que celle du plus grand écoulement de l'eau, lors qu'on met un tuyau étroit à l'ouverture d'un large réservoir: car alors l'eau coule par le cylindre d'eau G L M D, de même que si c'étoit un tuyau, le reste de l'eau n'ayant point de mouvement considérable à cause de la platine: mais lorsque l'eau est au dessous de G, & que l'air commence à y passer, toute l'eau E F M est libre pour agir sur D, & il doit jaillir jusques près de F. L'effet sera encore plus merveilleux si le trou D est de 6 ou 7 lignes, & le trou G de 3 ou 4; car le jet n'ira pas d'abord plus haut qu'en N, & décroîtra comme jusques en O, & l'eau étant au dessous de G, il remontera jusque près de F.

De même s'il y a un syphon, comme A B D C, qui fasse couler l'eau d'un seau E F dont la surface est I K, par B H D C, elle jaillira par un petit trou comme jusques en H; & si le syphon étoit moins long, le jet s'éléveroit moins haut depuis son ouverture en C: mais lors qu'il n'y aura plus d'eau dans le seau au dessus de A, le tuyau se vuidera depuis A jusque vers B, & lorsque le haut de l'eau sera en B, elle jaillira jusques en I si le siphon est de 5 ou 6 lignes de largeur, & l'ouverture C petite comme de deux lignes, parce qu'alors la vitesse se fait par la hauteur C B, & au commencement elle ne se faisoit que par la hauteur C K, & diminuoit toujours jusques à ce que l'eau du seau fût au dessous de A. TAB. XVIII. Fig. 84.

Il semble que c'est le poids de l'eau qui fait faire au jet l'élévation pour se réduire à l'équilibre, & que si l'on pressoit l'eau qui est proche de l'ajutage par un poids égal à celui de l'eau du tuyau, le jet iroit aussi haut: Voici une expérience que j'en ai faite pour le prouver.

A B C est un tuyau de verre d'un pouce & demi de largeur, & sa hauteur D A est d'un pié; l'ajutage ou l'ouverture C est de 2 lignes $\frac{1}{2}$: on verse du mercure par A jusques à ce que le fond E F en soit rempli: on met ensuite de l'eau doucement en l'espace C F; après, on ferme l'ouverture C avec le pouce, & l'on achéve de remplir de mercure le tuyau jusques en A. Lorsqu'on léve le pouce de dessus l'ouverture C, l'eau C F s'éléve jusques à 12 ou 13 piés à peu près. La cause de cette grande élévation est la pesanteur spécifique du poids du mercure, qui est à celle de l'eau comme 14 à 1. Par conséquent un pié de mercure en D A pésera autant que 14 piés d'eau, qui seroient dans un plus grand tuyau, & feront le même effort pour faire jaillir l'eau par C. Et TAB. XVIII. Fig. 85.

 par-

parce qu'un réſervoir de 14 piés fait jaillir l'eau à 13 piés environ, un pié de mercure doit faire le même effet. Il n'importe pas que le tuyau ſoit large ou étroit, pourvû qu'il ſoit proportionné à l'ouverture C.

Il s'enſuivra de ſemblables effets par des poids poſez ſur une ſeringue, au lieu du poids de l'eau ou du vif argent.

TAB. XVIII. Fig. 86. Soit par exemple A B C D une ſeringue de 3 pouces de largeur, ayant à ſa ſortie une ouverture de 4 lignes en E; le piſton eſt F G, qui a une platine H I au deſſous de ſon manche, auquel elle eſt attachée afin que la ſeringue puiſſe ſe ſoutenir droite, le piſton étant dedans; il y a de l'eau depuis le haut du piſton L juſqu'en E. M N, O P, ſont deux bâtons attachez au corps de la ſeringue, d'où l'on ſuſpend deux poids égaux Q & R avec deux cordes de part & d'autre de la ſeringue: Je dis que ſi ces deux poids péſent 20 livres, le jet jaillira par E auſſi haut, que ſi un réſervoir, qui auroit communication avec l'ouverture E, & dont le tuyau qui renfermeroit l'eau, ſeroit égal en groſſeur au corps de la ſeringue A B C D, étoit aſſez haut pour contenir de l'eau peſant 20 livres. Or le tuyau étant large de 3 pouces, il aura 9 pouces de ſurface, dont chacun péſe 6 onces & $\frac{1}{8}$; c'eſt donc 55 onces, ou 3 livres 7 onces ſur chaque pié de hauteur; & ſi le réſervoir étoit de 6 piés, ce ſeroit 20 livres 10 onces: donc le jet iroit environ à 6 piés, ſuppoſant que le frottement du piſton ne fût que de la valeur de 10 onces: ainſi ſi les deux poids étoient de 40 livres, ils feroient jaillir l'eau à 12 piés à peu près; & s'ils étoient de 100 livres, elle jailliroit comme ſi le tuyau étoit de 30 piés de hauteur.

TAB. XVIII. Fig. 87. Mais ſi l'on fait un tambour de cuivre G K P H, dont la platine ſupérieure ſoit bien épaiſſe pour ſoutenir un grand effort, & qu'on y mette un cylindre creux I L; le tambour étant rempli d'eau juſqu'à M N, qu'il y ait une ouverture O pour y ſeringuer de l'air par le moyen d'une ſoupape qui ſera en dedans; ayant fermé le trou Z lorſque l'air ſera condenſé 4 fois, ſon effort ſera égal à 4 fois 32 piés d'eau; & ſi le tambour étoit d'un pié de diamétre, chaque pié d'eau de hauteur péſeroit 55 livres; ce ſeroit donc 128 fois 55 livres, ou 7040 livres; il faudroit donc la force de 7040 livres pour condenſer l'air 4 fois: mais ſi l'ouverture O étoit d'un quart de pouce, & la baſe H P d'un pié, la proportion ſeroit comme 1 à 2304, & la force de 4 livres feroit entrer de l'air juſques à 4 fois ce nombre, c'eſt à dire juſques à porter le poids de 9216 livres; il porteroit donc autant de poids que celui de 128 piés d'eau, & par conſéquent lorſqu'on ouvriroit l'ouverture Z, le jet iroit à près de 100 piés.

Que ſi le tambour étoit plus large, l'air qui ſeroit entre M N & G K, ne ſeroit pas plus difficile à condenſer par l'ouverture O, comme il a été prouvé dans le *Traité de la Percuſſion*; & il ne laiſſeroit pas de faire le même effort pour jaillir juſques à 128 piés de hauteur, qu'un tuyau de toute la largeur plein d'eau.

J'ai

J'ai fait encore l'expérience ſuivante. J'ai pris deux ſeringues inégales, l'une avoit 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diamétre, & l'autre 3 $\frac{1}{4}$: Dans celle de 2 pouces $\frac{1}{4}$, cinq livres de poids faiſoient deſcendre le piſton à vuide; & ayant empli toute la ſeringue, & pouſſant le piſton avec une force qui valoit à peu près 12 livres, j'ai fait élever l'eau par un trou de 8 lignes à 4 piés à peu près: Or un pié de hauteur du tuyau de la ſeringue vaut à peu près 32 onces ou 2 livres, & 4 piés valent environ 8 livres: Si donc l'effort étoit de 13 livres, ôtant 5 livres pour le frottement du piſton, il reſtoit 8 livres pour le poids équivalent de l'eau d'un réſervoir de 4 piés de haut un peu plus, & de 2 pouces & $\frac{1}{4}$ de diamétre: l'autre ſeringue donna les mêmes choſes à proportion.

TAB. XVIII. Fig. 88.

Si l'on pouſſe le piſton ABKI dans ſon corps de pompe CDFE, qui ſoit retreſſi plus haut, comme on le voit en la figure IH, le grand frottement de l'eau le long du tuyau étroit, GIH, arréte conſidérablement la force de l'impulſion pour y faire paſſer l'eau contenuë en ABEF; & elle y paſſeroit mieux ſi cette conduite n'alloit que juſques en I, & beaucoup mieux ſi la conduite étoit plus large que le corps de pompe où le piſton jouë comme LMNO: ce qu'il faudra conſidérer quand on éléve de l'eau par des pompes à de grandes hauteurs.

TAB. XIX. Fig. 89.

Enfin on peut pouſſer un jet bien haut ſelon la méthode ſuivante. Ayez un vaiſſeau ABC cylindrique, de cuivre, rond par le haut, de deux piés de hauteur & de 8 pouces de largeur, poſé & attaché ferme ſur un plan de bois ou de fer &c. Ayez à côté une ſeringue ou corps de pompe DEF avec ſon piſton NQ, & une ſoupape au bas, comme on fait ordinairement dans les pompes; & que le piſton en deſcendant avec la force d'un homme ou de deux, faſſe par compreſſion entrer l'eau dans le vaiſſeau par le tuyau GH garni de ſa ſoupape en H, comme il a été enſeigné au commencement de ce Traité. Mettez à côté du cylindre creux ou vaiſſeau un autre tuyau IL recourbé vers le haut, où il y ait un ajutage de 12 lignes à ſon extrémité L; ſi l'on ajuſte encore aux deux côtez du vaiſſeau deux autres pompes ſemblables à celle-ci, on y pourra faire entrer une très grande quantité d'eau. Les piſtons pourront être attachez à des extrémitez de levier comme N pour avoir plus de force, étant attaché à l'appui en O. Lorſqu'on fera jouër les piſtons par le moyen des leviers, l'eau entrera dans le vaiſſeau ABC, & paſſera au commencement dans le tuyau IL avec une médiocre force; mais en continuant, on pouſſera tant d'eau, qu'elle ne pourra pas ſortir toute par l'ajutage L: alors elle s'élévera comme juſques en P, & condenſera l'air enfermé dans le haut du vaiſſeau; & ſi l'on pouſſe encore l'eau avec plus de force, elle montera plus haut, comme en R, condenſant l'air de plus en plus; & quand il le ſera 8 fois plus qu'à l'ordinaire, il preſſera l'eau RSHI pour la faire ſortir par IL, comme s'il y avoit 7 fois 32 piés d'eau au deſſus de HI, c'eſt

 à

à dire 224 piés, ce qui feroit un jet d'eau par l'ajutage L de plus de 120 piés de hauteur. Mais il faut que les trois pompes puiſſent fournir aſſez d'eau; car l'ajutage L de 12 lignes en dépenſera plus de 64 pouces.

TAB. XIX. Fig. 90. L'air ſe condenſant à proportion des poids dont il eſt chargé, ſi l'on fait une machine A B compoſée d'un coffre E F G H plein d'eau juſques à la ligne I L un peu au deſſous de E F, & un tuyau M N, qui ſoit bien ſoudé en M & en O avec les deux platines EF, GH, qui font le deſſus & le deſſous du coffre, afin que l'air n'y entre point; le coffre E G ſervira de réſervoir. Il faut qu'il y ait encore un autre coffre égal au premier, comme C D T K, plein d'air, auquel le tuyau M N ſoit bien ſoudé. Lorſqu'on verſera de l'eau par M, elle deſcendra par N juſques à K T; & étant montée juſques en P Q, l'air contenu dans l'eſpace QPCD, & dans le tuyau X Y bien ſoudé aux deux coffres, ne pourra pas ſortir par A, & ſe condenſera peu à peu juſques à ce qu'il ſe faſſe équilibre entre le poids de l'eau en M N, & le reſſort de l'air enfermé. Par exemple, ſi l'eau s'eſt élevée juſques en R S, l'air contenu en l'eſpace C D S R, dans le tuyau X Y, & dans l'eſpace E I F L, ſera condenſé par le poids de l'eau M S, & preſſera l'eau I H G L: alors ſi l'on ouvre l'ajutage A, dont le tuyau deſcend près de H G vers V, l'eau jaillira de la hauteur A Z égale à la hauteur M S, parce que l'air preſſé par la hauteur de l'eau M S, fait le même effort ſur l'eau I G, que ſi le tuyau M S plein d'eau étoit au deſſus de l'eau I L; & l'eau qui tombera du jet paſſant par M, rentrera dans le coffre inferieur; & par ce moyen le jet durera juſques à ce que toute l'eau qui eſt depuis l'extrémité V du tuyau A V juſques à l'extrémité Y du tuyau X Y, ſoit ſortie en jailliſſant. Cette machine porte le nom de *Heron*; il l'a décrite dans ſon Traité intitulé *de ſpiralibus*, ſuivant la traduction de *Commandin*.

On peut faire jaillir cette eau beaucoup plus haut en augmentant la hauteur du tuyau M N.

La beauté des jets d'eau conſiſte en leur uniformité & tranſparence au ſortir de l'ajutage ſans s'écarter que bien peu au plus haut du jet. On a cherché pluſieurs maniéres pour faire les ajutages, dont il y en a qu'on doit préférer aux autres pour pluſieurs raiſons. Les plus mauvais ſont ceux qui ſont en cylindre: car ils arrêtent beaucoup la hauteur du jet; les coniques l'arrêtent moins. Mais la meilleure maniére c'eſt de percer la platine horizontale qui ferme l'extrémité du tuyau de la conduite, d'une ouverture liſſe & polie; prenant garde que la platine ſoit parfaitement plane, polie, & uniforme. Voici quelques expériences que j'en ai faites. Ayant un tuyau de fer blanc A B C de 15 piés de hauteur, & l'ayant percé en D d'un trou de 3 lignes; le jet étoit parfaitement beau, & alloit à 14 piés: mais le tuyau ayant été fait plus haut juſques à 27 piés, & y ayant fait une ouverture de 6 lignes;

TAB. XIX. Fig. 91.

gnes; le jet n'alla qu'à 12 piés en s'écartant beaucoup, & se séparant en plusieurs goutes, ce qui procedoit de ce que l'eau qui entretenoit le jet, étoit poussée de travers avec force, comme on le voit en la figure 92ᵉ. qui représente une portion du tuyau B C. Car l'eau E D & F D qui vient par les côtez, a une grande vitesse de travers, qui la porte en D L & en D M; & G D est portée en D N, & H D en D O, ce qui écarte le jet, parce que le peu d'eau qui vient directement de P en D, ne suffit pas pour redresser le jet. TAB. XIX. Fig. 92.

Pour éviter ce défaut je fis mettre en D un ajutage d'un pouce de longueur, & d'un pouce de largeur, comme on voit dans la figure 93ᵉ, où B C D représente la partie B C D de la 91ᵉ. figure: on perça d'une ouverture de 6 lignes le petit tuyau montant D Q en Q; alors le jet fut plus beau, & s'éleva à 3 ou 4 piés plus haut. TAB. XIX. Fig. 93.

Je fis faire ensuite l'extrémité de la conduite selon la figure courbe I L M N O P dans la 94ᵉ. figure; & dans la platine Q P, je fis mettre un ajutage semblable à la figure 95: il étoit un peu en cône; mais il y avoit une platine intérieure représentée par E Q, qui laissoit une ouverture d'un pouce au milieu; & la platine supérieure A I B étoit percée en I au milieu d'une ouverture de 6 lignes, ce qui étoit fait afin qu'il n'y eût point de frottement qu'au bord de la platine E Q en dedans, car il n'y en pouvoit avoir que très-peu en E A & B Q. Mais cela réüssit très-mal: car le jet alla moins haut, & s'écarta plus qu'il n'avoit fait par un simple ajutage en cône, ce qui pouvoit venir des mouvemens différens de l'eau, qui ayant passé par Q E, choquoit avec violence la platine A B à côté de son ouverture, & se refléchissant elle empêchoit le reste de l'eau de sortir droit. Enfin je fis mettre une platine bien polie en P Q dans la 94ᵉ. figure percée d'une ouverture de 6 lignes bien ronde & polie: alors le jet fut très-beau, & s'éleva à 32 piés, le réservoir étant à 35 piés 5 pouces, au lieu que les autres jets ne s'élevoient qu'à 27 ou 28 piés; ce qui arrive parce que l'eau prend la direction de son mouvement depuis R, & qu'il en vient peu lateralement des côtez Y & Z, qui ne laissent pas de contribuer à la direction du jet, la platine étant très-polie, & tout étant égal de part & d'autre, & arrétant également le mouvement lateral l'une de l'autre: Or le jet par cet ajutage s'élevoit jusques à 22 piés sans se séparer sinon en retombant, & s'arrétoit fort peu au haut quand il alloit à 32 piés, & beaucoup moins que par les autres ajutages. J'ai vû une platine percée d'un trou de 4 lignes & de 6 ou 7 petits alentour, qui faisoient une espéce de gerbe dont tous les jets étoient très-beaux & transparens, & celui du milieu s'élevoit à 18 piés. TAB. XIX. Fig. 94. TAB. XIX. Fig. 95.

Les jets s'élargissent nécessairement à mesure qu'ils s'élévent, dont la raison est, qu'ils diminuent peu à peu de vitesse, & parce que c'est la même eau qui par sa viscosité se tient unie sans se séparer, il faut qu'elle occupe plus de place à l'endroit où elle va moins vîte selon la proportion de la vitesse à la vitesse.

Par

Par la même raiſon l'eau qui s'écoule par un trou de 5 ou 6 lignes, lorſqu'elle n'eſt dans le réſervoir qu'à la hauteur de 3 ou 4 pouces, va toujours en s'étréciſſant juſques à ſe reduire en goutes quand le filet d'eau eſt devenu trop petit: car il ne doit y avoir qu'une même quantité d'eau dans tous les eſpaces qu'elle parcourt en tombant, leſquels en des tems égaux ſont entr'eux comme les nombres impairs de ſuite; d'où l'on voit que le filet de l'eau deviendroit à la fin plus délié qu'un cheveu: mais avant que d'en venir juſqu'à ce point, elle ſe ſépare & ſe diviſe en goutes, qui accélérent toujours leur mouvement juſques à ce qu'elles ayant acquis leur plus grande viteſſe.

Il ne faut pas régler la dépenſe de l'eau par la hauteur des jets, mais par la viteſſe de ſa ſortie par l'ajutage. Or dans les ajutages d'une ligne, les jets ne vont pas ſi haut à la même hauteur de réſervoir que ceux de 5 ou 6 lignes, & cependant il donnent de l'eau ſenſiblement dans la proportion de leurs ouvertures, comme l'on a vû. Pour connoître les cauſes de ces effets différens, il faut conſidérer, que les petits globes ſont aux grands en raiſon triplée de leurs diamétres: mais ils ſont retardez dans leur mouvement par l'air ſelon les ſurfaces de leurs grands cercles, & ils forcent cette réſiſtance de l'air ſelon les différences de leurs poids, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il arrive que ſi l'on tire un mouſquet chargé de balles & de menuës dragées de plomb, les balles iront bien plus loin que les menuës dragées, quoiqu'elles ſortent du mouſquet avec les mêmes viteſſes comme nous l'avons expliqué. La même choſe ſe doit entendre des petits ajutages & des grands, qui ont une même hauteur de réſervoir: Car quoiqu'à la ſortie des ajutages ils aillent à fort peu près auſſi vîte l'un que l'autre, lorſqu'ils paſſent beaucoup d'air, les petits jets ſont retardez depuis leur ſortie juſques à leur plus grande hauteur beaucoup plus à proportion que les gros jets: & par conſéquent les gros iront beaucoup plus haut que les petits; mais ils ne donneront pas plus d'eau à proportion, ou du moins guéres plus, puis-qu'elle ne doit s'eſtimer que par la viteſſe qu'ont les jets à leur premiére ſortie de l'ajutage, qui eſt à fort peu près égale dans les petits ajutages & dans les grands.

Lorſqu'on a un jet d'eau entretenu par une quantité ſuffiſante d'eau, & qu'on perce le tuyau de la conduite par une ouverture égale à celle de l'ajutage pour ſe ſervir de l'eau qui en ſort, on trouvera la diminution du premier jet en cette ſorte.

TAB. XIX. Fig. 96. Soit A B C D un réſervoir à 13 piés de hauteur par deſſus l'ajutage H de 6 lignes d'ouverture; le jet doit être d'environ 12 piés $\frac{1}{2}$, ſi la conduite eſt de 3 pouces de largeur. On fait un trou en I de 6 lignes, d'où ſort l'eau I L; le jet H M dépenſe 4 pouces d'eau par les régles qui ont été données; & parce qu'il en doit ſortir autant à fort peu prés par le trou I, la conduite eſt trop étroite pour donner la même hauteur à deux jets égaux à H M; c'eſt pourquoi auſſi-tôt qu'on laiſſera cou-

couler l'eau I L, le jet H M diminuëra un peu: & à cauſe que les deux trous H & I donnent 8 pouces à peu près, & que l'eau N O, qui fournit l'eau au réſervoir, n'eſt que de 4 pouces par ſuppoſition; le réſervoir ſe vuidera peu à peu s'il eſt bien ſpacieux, & fort vîte s'il ne contient qu'un demi muid ou 100 pintes. Il faut donc que l'eau deſcende dans le tuyau juſques à ce que le jet H M ne donne que 2 pouces: car alors le trou I donnant auſſi 2 pouces, toute l'eau N O ſera employée. Or 13 piés eſt à ſa moitié 6 $\frac{1}{2}$, comme 6 $\frac{1}{2}$ à 3 $\frac{1}{4}$. Donc la hauteur de l'eau étant P Q de 3 piés $\frac{1}{4}$ au deſſus de H, le jet ne pourra être que de 3 piés 2 pouces quelques lignes ſelon les régles ci-deſſus: & par conſéquent on verra décroître le jet H M juſques à ce qu'il n'ait plus que 3 piés 2 pouces quelques lignes, & l'eau N O entretiendra la hauteur de l'eau à la hauteur Q P.

Que ſi l'on referme le trou I, le jet par H commencera à croître juſques à ce qu'il aille en H M, & à même tems l'eau de la conduite s'élévera au deſſus de P juſques à ce qu'elle ſoit dans le réſervoir A H à ſa premiére hauteur. On ſe réglera de même dans les autres cas ſemblables.

Si les hauteurs des réſervoirs étoient extrêmement grandes, les jets ſe diſſiperoient par la rencontre & par le choc violent de l'air, & au lieu d'aller plus haut que les jets de quelques réſervoirs moins hauts, ils iroient beaucoup moins haut.

J'en ai fait les expériences ſuivantes.

On mit dans une arbalête un petit tuyau d'un pouce de largeur & de 8 pouces de longueur, attaché fortement dans la coche de la corde de l'arbalête; & l'ayant bandée, on la leva perpendiculairement, & on emplit d'eau le petit tuyau: l'eau étant pouſſée par la force de l'arbalête ſortit, & rencontrant l'air avec violence s'écarta beaucoup: ceux qui étoient à côté ne virent pas monter le jet; mais ils virent tomber pluſieurs petites goutes à plus de 20 piés à la ronde de celui qui tenoit l'arbalête, lequel aſſura avoir vû monter l'eau juſques à 30 piés environ: or cette viteſſe convenoit à un réſervoir de plus de 600 piés, & le jet devoit être de 300 piés ſelon les régles.

AUTRE EXPÉRIENCE.

J'Ai fait charger pluſieurs fois un piſtolet de 4 pouces de hauteur d'eau au lieu de balles, & tirant cette eau de 20 piés contre une porte en élevant le piſtolet ſelon un angle de 45 degrez à peu près pour empêcher l'eau de tomber, il n'y en alla pas une goute. Je le fis tirer une ſeconde fois de 10 piés, & il arriva la même choſe; & quand celui qui avoit tiré s'avançoit, & levoit le viſage en haut, il ſentoit tomber de petites goutes. Enfin on le tira de 7 piés contre un papier mis au haut d'une porte; alors le papier fut tout mouillé, & l'on trou-

va que l'eau s'étoit écartée jufques à 2 piés de diamétre : & l'ayant tiré encore une autre fois de 8 piés de diftance, le papier ne fut pas mouillé. Si l'on calcule cette eau comme un cylindre de 5 lignes de largeur & de 4 pouces de hauteur, & qu'on divife le produit par une furface de 2 piés de largeur, on trouvera que fon épaiffeur ne fera qu'environ $\frac{1}{70}$ de ligne; car le folide du quarré de 5 par 48 eft 1200, & le folide du quarré de 288 lignes par $\frac{1}{70}$ eft un peu moindre que 1200 lignes cubiques, & le cylindre étroit eft de 943 lignes cubiques, & celui de deux piés de diamétre pour fa bafe eft de 931 : il arrive donc que l'eau étant reduite encore à une plus petite épaiffeur comme quand on la tire de 10 piés de diftance, elle fe fépare en petites goutes, dont quelques-unes s'élévent en vapeurs, & les autres retombent; mais elles font imperceptibles.

On voit le même effet quand une bouteille de favon fe rompt: car les particules de fon eau, qui font trop menuës, s'élévent en vapeurs vifibles, & le refte tombe. Un filet d'eau par un trou d'une demi ligne au deffous de 100 piés de hauteur, rencontrant la main en jailliffant de travers, fe mettoit auffi en vapeurs.

On pourroit objecter que fi l'on tiroit de l'eau dans un canon, qui eût un pié de calibre, l'eau iroit plus loin que 10 piés; on en demeure d'accord: mais elle n'ira pas à 100 piés, comme on peut le prouver, & l'expérimenter.

Or cette viteffe eft fi grande qu'aucun réfervoir acceffible n'en peut donner une pareille. Car puifque la premiére viteffe de l'eau qui en fortiroit, feroit 1000 piés en une feconde, comme fait le fon; fuppofons que le réfervoir foit à 10000 piés de hauteur, & que la viteffe d'un globe d'eau d'un pié faffe en tombant 13 piés en une feconde, elle fera 26 piés horizontalement: le produit de 13 par 10000 eft 130000, dont la racine quarrée eft environ 360: comme 13 à 360, ainfi une feconde à 28 à peu près. Si l'on fuppofe donc qu'un globe d'eau d'un pié accélére felon les nombres impairs de fuite, ce qu'il ne fait pourtant que jufques à une médiocre diftance; il tombera de 10000 piés en 28 fecondes, & fera 20000 piés horizontalement par une viteffe uniforme égale à la viteffe acquife en 28 fecondes, & en une feconde environ 714 piés, qui eft une viteffe moindre que la viteffe produite par la poudre à canon dans le canon. Mais comme il n'y a point de lieu acceffible de 10000 piés de hauteur, on ne peut voir l'effet de ces jets d'eau; outre que cette hauteur de 10000 piés donneroit par 1 pié d'ouverture 64512 pouces à peu près, qui feroient une riviére trop confidérable pour être fur une fi grande hauteur.

Il faut donc croire que les plus grands jets ne doivent pas aller à 300 piés: car le réfervoir étant à 600 piés, il faudroit qu'il fût d'environ 6 pouces de diamétre, & la conduite devroit être de 20 pouces de largeur, & il donneroit 16128 pouces, qui eft encore une trop grande

quan-

quantité d'eau; & ainſi il faut ſe reduire à 100 piés de hauteur, & à 12 ou 15 lignes d'ajutage : car quand même il iroit à 150 piés, il ne paroîtroit guére plus haut à la vûë quand on en ſeroit à 20 piés de diſtance.

SECOND DISCOURS.

De la hauteur des Jets obliques, & de leurs amplitudes.

LEs jets qui jailliſſent horizontalement, ou obliquement comme dans la figure ſuivante, décrivent une ligne courbe, qui eſt une Parabole, ou une demi-Parabole, dont *Torricelli* a donné la démonſtration après *Galilée*: mais il faut faire abſtraction de la réſiſtance de l'air. Toutefois, ſi les jets ſont foibles, la ligne courbe ſera ſenſiblement Parabolique, à cauſe que l'air réſiſte à une petite viteſſe, & que l'accélération de viteſſe de la goute qui tombe, ou la diminution de celle qui jaillit, ſe fait ſenſiblement ſelon les nombres impairs. Et même dans les viteſſes médiocres des jets, leur courbure approche fort de la Parabole; parce que ſi d'un côté la direction horizontale eſt retardée peu à peu, & ne va pas d'un mouvement uniforme, auſſi l'accélération ne va pas à la fin de la chûte ſelon les nombres impairs, mais elle retarde par la réſiſtance de l'air, comme on l'a expliqué ci-devant, & ainſi l'un des défauts recompenſe l'autre, comme on le voit en la figure 97, où la véritable Parabole eſt A B C, ſi en 3 petits intervalles de tems égaux le mobile parcourt horizontalement les 3 eſpaces égaux A E, E G, G D, & qu'il parcourre en deſcendant A I au premier tems; I M, qui contient trois fois A I, au ſecond tems; & au troiſiéme M N, qui contient 5 fois A I. Mais ſi le choc de l'air fait que le mobile n'aille qu'en H au lieu d'aller en D, en ces trois tems auſſi le choc de l'air l'empêchera de deſcendre dans les tems juſques en N, & il n'ira qu'environ en K: & tirant la paralléle K L, qui coupera H F en L un peu au dedans de la courbe A B C; la ligne courbe A O L, qui ſera décrite par ce mouvement retardé en proportion (ce qui n'eſt pourtant pas vrai dans la rigueur) ſera une autre Parabole intérieure à la premiére A B C. De cette proprieté des corps qui ſont mûs dans l'air, nous déduiſons les Problêmes ſuivans.

TAB. XIX. Fig. 97.

PROBLEME.

ETant donnée la hauteur médiocre d'un réſervoir, & le jet étant oblique, trouver où il touchera le plan horizontal.

TAB. XIX. Fig. 98. Soit A B le tuyau du réservoir; C l'ajutage; C D une ligne paralléle à A B; D E C un demi-cercle, dont H est le centre. *Galilée* & *Torricelli* ont démontré, que si la direction du jet au sortir de l'ajutage est par la ligne C E qui fasse l'angle D C E avec la perpendiculaire D C de 45 degrez, ayant continué H E perpendiculaire à D C jusques en F, en sorte que E F soit égale au demi-diamétre du cercle H E; le point F sera le sommet de la Parabole C F G décrite par le jet, comme on le voit en la figure; C E sera la tangente de cette parabole au point C; & C G l'amplitude de la parabole double de H F ou C D.

Que si l'on donne une autre direction au jet, comme C L, il faut abaisser la perpendiculaire L M sur C D; & M L N étant double de M L, le point N sera le sommet de la Parabole que décrira ce jet, dont C R sera l'amplitude égale à deux fois M N: & de même à l'égard de toutes les autres directions. D'où il suit, que si l'angle L C E est égal à l'angle E C O, le jet par la direction C O ira aussi loin que le jet par la direction C L; & Q O P étant égale & paralléle à M L N, P sera le sommet de la Parabole de ce jet; & qu'elles se rencontreront toutes deux dans la ligne horizontale C G au point R, puis que leur amplitude C R, quadruple de M L ou double de M N, sera commune à toutes deux.

Les jets des bombes pleines de poudre suivent les mêmes régles. D'où il s'ensuit, que si l'on a trouvé par expérience qu'une bombe, dont la direction est élevée de 45 degrez, va jusques à 500 toises de longueur; elle ira perpendiculairement jusques à 250 toises: car si C G est 500 toises, & que la bombe ait décrit la Parabole C F G; elle ne s'élévera qu'à la hauteur C D, laquelle est le diamétre du demi-cercle, qui par conséquent sera 250 toises moitié de l'amplitude C G de la Parabole C F G. Mais il faut considérer que la résistance de l'air change un peu ces mesures: car s'il y a plus d'air à passer par C F G, que par C D, la bombe ira un peu plus près du point D à proportion que du point G; & par la même raison, si la direction de la bombe étoit C L, & qu'elle tombât au point R, elle iroit un peu plus loin par la direction C O, parce qu'il y a plus d'air à passer dans la Parabole C N R que dans la Parabole C P R. Voici les expériences que j'en ai faites avec de l'eau, qui doit être plus retardée par l'air, qu'une balle de fer, ou qu'une bombe.

Dans la figure précédente supposons A B C un tuyau de 6 piés de hauteur depuis la surface de l'eau à la hauteur de D dans le réservoir jusqu'à l'ajutage C; la direction du jet C F G étoit de 45 degrez sur l'horizon; & par ce que l'on vient de dire, C G qui étoit l'amplitude de la Parabole, devoit être de 10 piés: mais le jet s'écartoit vers la fin, & celui qui approchoit le plus près de 10 piés, étoit de 9 piés 10 pouces; & par conséquent ce jet ne manquoit que de $\frac{1}{60}$, c'est à dire deux sur 120. Mais ayant fait des expériences sur de plus grandes hauteurs,

le

le jet diminuoit plus de fon amplitude à proportion par la plus grande réfiftance de l'air, & cette diminution fe doit faire à proportion de celle des hauteurs des jets: & ainfi il faudra prendre le double de la hauteur perpendiculaire des jets pour favoir l'amplitude du jet Parabolique à l'élévation de 45 degrez.

Les jets de vif-argent font de même, mais leur extrémité s'écarte plus qu'aux jets d'eau, dont la caufe eft que le mercure fupérieur B F gliffe fur l'inférieur C E D par fa rencontre, & au contraire le mercure qui eft vers E defcend par fa pefanteur, & par le choc de celui qui eft plus haut: c'eft ce qui fait que les goutes de vif-argent font fort féparées les unes des autres entre D & F, & de haut en bas; mais elles ne s'écartent point en largeur. Et fi l'on met l'œil dans le plan de la direction du jet, il ne paroitra que comme un filet de la même largeur, par tout, laquelle il a à la fortie de l'ajutage, parce que ne s'écartant point à la fortie, les goutes les plus proches de l'œil couvrent toutes les autres qui font au deffous dans toute l'étenduë du jet. TAB. XIX. Fig. 99.

Pour prouver par expérience que les matiéres les plus pefantes font leurs Paraboles plus grandes, j'ai fufpendu une balle d'acier à un fil de 42 pouces ou 3 piés ½ de longueur, & l'ayant élevée par un arc de 50 degrez, je la laiffai aller; elle revint, après être montée de l'autre côté, à 49 degrez 45 minutes: l'arc des 15 minutes qui manquoient, étoit de la largeur de 6 lignes, & par conféquent il ne perdoit qu'une ligne & demi à peu près en tombant jufques au point de repos. Je mis enfuite une boulette de cire de même groffeur chargée d'un petit poids, en forte que fa pefanteur fpécifique étoit comme celle de l'eau; & l'ayant élevée à 50 degrez, elle revint à 4 pouces près au 2e. battement: elle perdoit donc 8 fois autant par la réfiftance de l'air, que celle d'acier; ce qui eft à peu près felon les proportions de la pefanteur fpécifique de l'eau à l'acier.

Lorfqu'en un tuyau les ouvertures font plus hautes les unes que les autres, & que les jets font horizontaux, on peut favoir la longueur des jets fur un plan horizontal par les mêmes régles en cette maniére.

Soit A B C D un vaiffeau cylindrique, ou d'une autre forme, percé en F & en G, l'eau étant toujours entretenuë à la hauteur de A B; H I eft un plan horizontal; & l'on veut favoir où les jets F & G tomberont fur le plan H I. On fuppofe que le côté du tuyau B F G H, où font percés les trous F & G, eft à plomb: fur la ligne B H pour diamétre ayant décrit le demi-cercle B L K H, foient menées les perpendiculaires F L & G K à la ligne B H jufques au demi-cercle en L & K; & ayant fait H I double de G K, & H M double de F L, les jets décriront les demi-paraboles G I & F M, comme il a été dit ci-devant. D'où il s'enfuit, que fi N eft le centre du demi-cercle, le jet qui jaillira par N ira le plus loin de tous, puifque la ligne N O qui eft le demi-diamétre eft la plus grande de toutes les ordonnées comme G K, F L. Et fi TAB. XX. Fig. 100.

 l'on

l'on prend des hauteurs égales au dessus & au dessous de N, les jets tomberont au même point sur la ligne horizontale H I.

Si l'on veut savoir, dans un vaisseau ou dans un réservoir A B C D, à quelle hauteur y est l'eau, il y faut percer un trou en quelque endroit comme en G, & ayant marqué quelque point I où passe le jet, soit tirée la ligne I H de niveau par le point I, & par le point G la ligne G H perpendiculaire à I H. Ayant coupé H I en deux également, dont l'une des moitiez soit G K, soit trouvée la ligne G B troisiéme proportionnelle continuë aprés G H & G K; cette ligne G B est la hauteur de l'eau dans le reservoir au dessus de l'ouverture G: ce qui n'est que la converse de la précédente Proposition, comme il est aisé de voir, si l'on suppose que la hauteur du réservoir soit H B au dessus du plan horizontal H I, & l'ouverture du jet soit en G; car selon les Elémens de Géométrie, à cause du demi-cercle, les trois lignes G H, G K, & G B, sont en proportion continuë, ce qui convient à ce que *Galilée* a démontré dans sa 5^e^.proportion du mouvement des corps poussez & jettez, où il dit que les moitiez des amplitudes des Paraboles des jets sont moyennes proportionnelles entre la hauteur de la demi Parabole, & la hauteur de la liqueur depuis l'ouverture du jet.

CINQUIÉME PARTIE.

DE LA CONDUITE DES EAUX ET DE LA RESISTANCE DES TUYAUX.

PREMIER DISCOURS.

Des Tuyaux de conduite.

Lorsque la conduite de l'eau qui fournit les jets passe par un long tuyau fort étroit, la vitesse de l'eau y est arrêtée par le frottement; ce dont on a fait l'expérience en cette sorte.

TAB. XX. Fig. 101.

A B C D est un tuyau de 6 pouces de diamétre & de 6 piés de hauteur; le tuyau C E a 3 pouces de largeur, & le tuyau G F un pouce. On avoit fait aux points

points H, I, L, trois ouvertures; celle qui étoit en H avoit 2 lignes; celle en I 4 lignes; & la derniére en L en avoit 8. Dans l'autre branche F G les ouvertures K, N, M, étoient diſpoſées de même ſelon la groſſeur des ouvertures à l'égard de la proximité du tuyau A B C D. Le tuyau A D étant plein, on laiſſoit aller ſucceſſivement les 3 ouvertures H, I, L: les autres demeurant toujours fermées, le jet par L s'élevoit le plus haut; celui par I enſuite; & celui par H jailliſſoit le moins haut des trois. De l'autre côté, la grande ouverture M jailliſſoit le moins haut, celle en N un peu plus haut, & la petite K la plus haute des trois. La raiſon de ces effets ne ſera pas difficile à connoître, ſi l'on conſidére, qu'il ſort beaucoup d'eau par les ouvertures L & M, & que pour l'entretenir il faut que l'eau aille beaucoup plus vîte par le tuyau étroit que par le large; ce qui y cauſe un frottement conſidérable, qui retarde la viteſſe de l'eau, & l'empêche de couler aſſez vîte pour fournir l'ajutage. Mais dans les ouvertures H & K, comme la viteſſe par les tuyaux eſt 16 fois moindre que quand l'eau ſort par L & M, le frottement dans le tuyau étroit eſt peu conſidérable, & ne retarde pas ſenſiblement le jet K plus que le jet H, & ils montent à peu près auſſi-haut l'un que l'autre: il s'enſuit auſſi que ſi l'on diminuë les deux trous I & N, par exemple chacun d'une ligne, alors le jet par I montera moins haut qu'il ne faiſoit, & celui par N plus haut; parce qu'il y aura moins de frottement dans le Canal F G qui ſurpaſſe le défaut de la réſiſtance de l'air, & dans le Canal C E cette diminution de frottement ne ſera pas conſidérable, mais la réſiſtance de l'air le ſera un peu plus qu'au jet de 4 lignes: c'eſt ce qui a trompé pluſieurs perſonnes qui ont fait leurs expériences dans des tuyaux étroits, comme F G, & ils ont conclu, auſſi-bien que la plupart des Fonteniers, que l'eau alloit plus haut par des ajutages étroits, que par des larges; ce qui eſt contre la raiſon & l'expérience, ſinon quand la conduite eſt trop étroite.

Il arrive la même choſe quand les ajutages ſont longs de 6 à 7 pouces, ou même de 2 à 3: Car le jet ſera plus haut par une ſimple ouverture dans la platine qui ſera d'une ligne ou d'une demi ligne d'épaiſſeur. L'on en ſera l'expérience facilement, ſi l'on a un tuyau de 6 ou 7 pouces de largeur A B C D, & que dans le tuyau E F ſuffiſamment large on ait fait des ouvertures égales en G & en H, la premiére ayant un ajutage G I, & l'autre n'ayant que l'épaiſſeur du métail: Car l'on verra que le jet par H ira beaucoup plus haut que par G I, & que plus on diminuëra la hauteur de G I, plus ſon jet approchera de celui par H. D'où il ſuit que les ajutages longs que l'on met ordinairement à la gueule des Dauphins dans les Fontaines, ſont fort défectueux, & quand même l'ajutage ſeroit un peu en cône, le jet ne laiſſe pas d'en être retardé: En voici une expérience: un tuyau de verre d'un pié de hauteur & d'un pouce de largeur, ayant ſon ouverture de deux lignes & demi n'a ſauté qu'à 10 pouces & ½ quand il y avoit un petit cône; mais l'ayant

TAB. XX. Fig. 102.

l'ayant fait ſans cône, il a ſauté juſques à 11 pouces & $\frac{1}{2}$.

Pour régler la largeur des tuyaux de conduite des eaux ſelon la hauteur des réſervoirs & la grandeur des ajutages, j'ai fait les obſervations ſuivantes.

Il y a à *Chantilly* une conduite de tuyau faite avec des piéces de bois de chêne percées ; les ouvertures ſont de 5 pouces de diamétre. La hauteur de l'eau du réſervoir eſt à 18 piés ; & la conduite en pente juſques à un Canal horizontal, eſt de près de 104 toiſes. Le Canal ayant été mis à ſec, on perça un des corps par le deſſus, & on y mit un ajutage de 10 lignes ; l'eau étant retenuë par en bas, le jet alla juſques à 15 piés : ainſi il y avoit quelque petit empêchement dans la longue conduite & dans l'ajutage ; car ſuivant les régles il devoit jaillir juſques à 17 piés à peu près. On mit un autre ajutage à 80 toiſes plus bas dans la même conduite qu'on fit jaillir tout ſeul, & il n'alla qu'à 14 piés à peu près, ce que l'on peut attribuer au défaut de l'ajutage qui étoit plus mal fait que l'autre. On laiſſa aller enſuite les deux ajutages enſemble, & le jet d'enhaut n'alla qu'à 12 piés, & l'autre qu'à 11 ; ce qui fit connoître qu'une conduite de 5 pouces de largeur n'eſt pas ſuffiſante pour un ajutage de 14 ou 15 lignes à cette hauteur de réſervoir, ou pour deux de 10 lignes chacun. On referma les trous, & on laiſſa jaillir le jet ordinaire, qui eſt à côté du Canal & élevé de 2 ou 3 piés plus haut à la même diſtance du réſervoir que le dernier trou ; le réſervoir n'avoit que 16 piés de hauteur à peu près au deſſus de l'ajutage, qui étoit en cône, & de 12 lignes de diamétre ; il jailliſſoit d'environ 14 piés, au lieu de 15 piés un peu plus ſelon les régles, ce qui provenoit ſans doute de l'ajutage fait en cône, comme il a été démontré.

J'ai fait d'autres expériences avec le même tuyau de 50 piés, dont il a été parlé avec ſon tambour au deſſus, qui avoit un pié. On y attacha en bas une conduite horizontale de même largeur de 3 pouces, & de 40 piés de longueur, & l'on mit à l'extrémité un ajutage de 6 lignes, & le jet jaillit auſſi haut que quand il n'étoit qu'à un pié de tuyau montant : le jet fit auſſi les mêmes effets, à ſavoir qu'après avoir jailli d'abord à une certaine hauteur, il diminua peu à peu d'environ un pié ; & l'eau étant arrivée au bas du tambour, le jet s'éleva de nouveau, & alla un peu plus haut qu'au commencement : & ainſi une conduite horizontale de 40 piés de longueur, & de 3 pouces de largeur, ne diminuä point un jet de 6 lignes d'ajutage.

On a trouvé auſſi par expérience qu'un ajutage de 7 lignes n'a point jailli moins haut que celui de 6 lignes à 35 piés de réſervoir avec une conduite de 3 pouces, & ainſi que le tuyau de 3 pouces pouvoit avoir 52 piés de hauteur pour un ajutage de 6 lignes : On peut donc prendre pour fondement, qu'un réſervoir de 52 piés doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre quand l'ajutage eſt de 6 lignes, &

que

que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.

Pour comparer la largeur de cette conduite à celle que doivent avoir les réſervoirs, & les largeurs des ajutages, on fera cette régle de proportion.

Comme le nombre des pouces que donnent les jets, eſt
au nombre des pouces d'un autre jet;
ainſi le quarré du diamétre de la conduite du premier, eſt
au quarré du diamétre du tuyau de conduite de l'autre.

Cette régle eſt fondée ſur ce qu'il faut que la viteſſe de l'eau coulante ſoit égale dans les deux conduites, afin qu'il n'y ait pas plus de frottement en l'une qu'en l'autre. Or ſi le nombre des pouces eſt quadruple, il faut que la ſurface du diamétre de la conduite ſoit quatre fois plus grande, afin que la viteſſe dans les tuyaux ſoit égale.

Suivant cette régle, ſi l'on veut ſavoir quelle largeur de conduite il faut donner pour avoir un jet de 100 piés par 12 lignes d'ajutage, il faut prendre 52 piés de hauteur, qui par un ajutage de 6 lignes ayant le tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre, donne 8 pouces: & parce que, ſuivant la table des hauteurs des jets, le réſervoir de 100 piés de jet doit être à 133 piés $\frac{1}{3}$; on dira que comme 52 eſt à 133, ainſi 64 quarré de 8 eſt à 170: & la racine quarrée de 170 étant 13 à peu près, l'on voit que le réſervoir de 133 piés par 6 lignes donnera 13 pouces, & par 12 lignes d'ajutage 52 pouces d'eau: donc comme 8 à 52, ainſi 9 quarré de 3, qui eſt le diamétre de la conduite, doit être à 58 $\frac{1}{2}$ dont la racine quarrée eſt 7 $\frac{2}{3}$ à peu près, qui ſera le diamétre de la conduite que l'on cherche; mais pour plus grande ſeureté on peut lui donner 8 pouces.

Lorſque les ajutages ſont inégaux, & les hauteurs des réſervoirs égales, il n'y a qu'à faire les diamétres des conduites en même raiſon entr'elles, que les diamétres des ajutages: car alors les frottemens ſeront égaux, & l'eau ira plus vîte dans l'un des tuyaux qu'en l'autre; en voici un exemple.

Un tuyau de 13 piés de hauteur donne 1 pouce par 3 lignes: donc par 6 lignes il donnera 4 pouces; & par conſéquent ſi la conduite demeure de même largeur, l'eau ira 4 fois plus vîte, & auroit quatre fois autant de frottement: il faut donc pour la faire aller auſſi vîte, que le quarré du diamétre de ſa conduite ſoit quatre fois plus grand; & pour lors la racine de ce quarré ſera à la racine de l'autre comme 6 à 3.

Il arrive un effet aſſez ſurprenant dans la conduite de quelques tuyaux de *Chantilly*. Ces tuyaux, qui ſont de bois, pouſſez & mis l'un dans l'autre, paſſent par un petit étang, & enſuite par un long Canal; d'où il arrive que ſi l'on ferme tout à coup l'entrée du réſervoir, & que l'eau ne coule plus dans le tuyau de conduite, ce jet de 14 piés ne ceſſe pas tout-à-fait, mais il continuë à jaillir à plus de deux piés ſans diſcontinuation. Suppoſant que l'entrée du réſervoir fût bien fermée, l'on pourroit attribuer cet effet à ce que, l'eau s'écoulant avec grande vi-

teſſe, le poids de celle de l'étang & du Canal fait un peu entr'ouvrir les corps des tuyaux qui entrent l'un dans l'autre, & il ſe fait une petite aſpiration d'eau, de même qu'il ſe fait une expiration d'air aſſez ſenſible quand ce tuyau de conduite étant vuide, on y fait entrer tout-à-coup l'eau du réſervoir: car alors l'air étant preſſé force les tuyaux, & fait un peu de jour entre ceux qui ſont emboitez l'un dans l'autre. Or l'aſpiration qui ſe fait d'un peu d'eau de l'étang & du Canal, eſt aſſez grande pour fournir ce jet de 2 piés.

Il arrive encore au même jet un autre effet extraordinaire, qui eſt, que ſi l'on met la main ſur l'ajutage, & qu'on l'y tienne pendant 10 ou 12 ſecondes, l'eau ne jaillit point d'abord qu'on ôte la main, & commence peu à peu à s'élever à 3 pouces, puis à 1 pié, & enfin à 2 ſucceſſivement dans un tems conſidérable. J'ai vû le même effet dans une eau qui couloit horizontalement par un tuyau de cuivre: car l'ayant fermé avec la main dans la penſée que cette eau étant retenuë un peu de tems, elle feroit un plus grand effort, & jailliroit plus loin, je fus ſurpris qu'il ne coula pas preſque d'eau d'abord; mais enfin peu à peu elle reprit ſa force ordinaire. Voici comme j'explique cet effet.

Dans le Canal de *Chantilly*, qui a une pente très-petite juſques à 80 toiſes du jet, l'eau y couleroit très-lentement ſi elle n'étoit pouſſée par l'eau ſupérieure dont la pente eſt plus roide. Or ſi l'on ſuppoſe que A B C D ſoit la pente roide, & que le Canal ne ſoit qu'à demi-plein, comme depuis C D juſques à F G; l'eau y coulera aſſez vîte & pouſſera avec la même impreſſion celle qui eſt en G H D E; & par le mouvement qu'elle aura acquis dans ce chemin, elle ſera portée aſſez vîte juſqu'à l'entrée de l'ajutage I L qu'elle remplira entiérement; & étant choquée par celle qui ſuccéde, elle s'élévera juſques à 2 piés: mais lorſqu'on la retient, on arrête ſon mouvement, & même elle refluë vers B G D en s'élevant vers le haut du tuyau proche de C; ce qui fait que cette eau étant dans ſon mouvement, & ſa moindre hauteur en B étant moindre que la hauteur du point L, elle ne peut faire d'effort pour couler ou pour jaillir, qu'après que le mouvement commence à ſe faire enſuite du premier écoulement qui eſt très-lent.

TAB. XX. Fig. 103.

Il faut éviter de faire les tuyaux de conduite coudez à angles droits: car l'eau dans ſon mouvement heurtant contre la partie du tuyau qui lui eſt oppoſée, le met en danger de crever, & elle eſt retardée conſidérablement par cette rencontre.

Si l'on veut que l'eau jailliſſante conſerve ſa force par pluſieurs années, il faut tenir les conduites un peu plus larges que ſelon le calcul qui en a été fait: car il s'y amaſſe de la bouë & des ordures qui retardent un peu l'écoulement; & même il y a des eaux qui emportent avec elles des atomes pierreux, qui venant à s'attacher enſemble, forment des pierres qui bouchent la conduite. J'en ai fait l'obſervation dans l'Aqueduc d'*Arcueil*, & l'on voit proche de l'Obſerva-

toire dans le grand regard où se fait la séparation des eaux, un bassin qui a un gros jet au milieu d'un demi-pié de hauteur : la circonférence de ce bassin est de cuivre, où l'on a fait plusieurs ouvertures circulaires d'un pouce de diamétre pour faire connoître la quantité d'eau qu'il y a dans l'Aqueduc : mais peu à peu il s'est amassé dans ces ouvertures une matiére pierreuse, qui les a enfin bouchées entiérement sans que l'eau y puisse plus passer ; ce qui est assez surprenant, car il semble que l'eau coulante devroit emporter les ordures qui s'y pourroient amasser. Cela se fait de la même maniére qu'il s'amasse de la neige à côté ou sur les branches des buissons quand il fait brouillard pendant un grand froid : Car le vent portant de petites parcelles ou atomes de vapeurs glacées, les introduit dans quelques pores de ces branches ; & les premiéres retiennent & accrochent celles qui suivent ; & enfin il s'y en fait un amas de 2 ou 3 pouces de hauteur. De même l'eau chariant de petits atomes de pierre dont elle se charge en passant par les terres, en fiche quelques-uns dans les pores du métail, & un autre qui suit se joint au premier selon sa disposition & sa figure. Il en passe beaucoup qui ne s'y attachent pas : mais par une suite d'années il s'y en amasse enfin assez pour boucher entiérement les ouvertures, comme si c'étoit une seule pierre assez dure, en sorte que l'on est obligé tous les 50 ans environ de relever tous les tuyaux & de les refaire à neuf.

Lorsque la conduite de l'eau dans un tuyau large se subdivise en plusieurs conduites pour faire plusieurs jets, il faut considérer tous les pouces d'eau que doivent donner ensemble tous ces jets pour déterminer la largeur du grand tuyau de conduite, & il les faut reduire ensuite par le calcul à une seule ouverture de jet.

EXEMPLE.

LA principale conduite d'une eau se divise en six tuyaux, dont il y en a deux qui ont chacun 3 lignes de diamétre d'ajutage, deux autres qui en ont chacun 5, un qui en a 6, & un autre qui en a 8 ; la hauteur du réservoir est supposée à 52 piés. Donc, si les conduites sont suffisamment larges, & qu'il y ait assez d'eau dans le réservoir pour fournir à toute la dépense ; les ajutages de 3 lignes donneront 2 pouces chacun selon les régles & les tables qu'on a données ci-dessus ; ceux de 5 lignes donneront chacun 5 pouces $\frac{1}{2}$; celui de 6 lignes donnera 8 pouces ; & celui de 8 lignes donnera 14 pouces & $\frac{2}{5}$: la somme de la dépense d'eau de tous ces jets sera donc de 37 pouces $\frac{2}{5}$. C'est pourquoi, suivant la régle précédente, pour 52 piés de hauteur de réservoir le diamétre de l'ajutage doit être au diamétre du tuyau de conduite comme 6 lignes à 3 pouces, ou bien comme 1 à 6 qui est la même raison.

Mais comme dans cet exemple, nous n'avons que la dépense de l'eau qui est de 37 pouces & $\frac{2}{5}$ à la hauteur de 52 piés de réservoir ; il faut

chercher quel feroit le diamétre de l'ajutage qui fourniroit cette quantité d'eau, ce qui fe fait par la régle de la mefure des eaux jailliffantes de la feconde Partie; & l'on trouve 13 lignes à très-peu près. On fera donc comme 1 eft à 6, ainfi 13 à 78 lignes de diamétre du tuyau de conduite de toute l'eau, ou bien 6 pouces ½: & chacune des conduites pour 3 lignes de diamétre d'ajutage auront 1 pouce ½ de largeur; car par la régle précédente les diamétres des tuyaux de conduite font en-tr'eux en même raifon que les diamétres des ajutages, la hauteur du réfervoir étant la même: chacune de celles qui portent des ajutages de 5 lignes auront 2 pouces ½: pour celle de l'ajutage de 6 lignes, elle aura 3 pouces de diamétre; & celle de 8 lignes aura 4 pouces. Et fi l'eau du réfervoir peut donner ou fournir 37 pouces, ces jets iront continuellement. On remarquera que le jet de 8 lignes d'ajutage ira le plus haut de tous: & pour favoir fa hauteur, on trouvera dans la table de la 2^{e}. Régle du premier Difcours de la quatriéme Partie, qu'un jet de 50 piés doit avoir pour la hauteur de fon réfervoir 58 piés 4 pouces; c'eft pourquoi le jet eft entre 45 & 50 piés, & fort proche de 45 : & fi l'on fait le calcul par la régle pour le jet de 46 piés de hauteur, on trouvera 52 piés ½ pouce pour la hauteur du réfervoir; d'où l'on peut conclure que le jet n'arrivera pas tout à fait à 46 piés, quoique le réfervoir foit de 52 piés de hauteur.

SECOND DISCOURS.

De la force des Tuyaux de conduite, & de l'épaiffeur qu'ils doivent avoir fuivant leur matiére & la hauteur des réfervoirs.

LOrfque les réfervoirs font fort élevez ou qu'on fait une conduite d'eau depuis quelque lieu fort haut, les tuyaux de conduite font fouvent en danger de fe rompre, principalement fi la conduite fe fait par des valées profondes; & ce feroit une chofe très fâcheufe, fi après avoir fait beaucoup de dépenfe, quelques tuyaux venoient à crever, foit par le défaut de la foudure ou de la foibleffe des tuyaux: il faut auffi éviter d'employer trop de plomb ou de cuivre, pour donner de grandes épaiffeurs aux tuyaux lorfque des épaiffeurs médiocres fuffifent; voici ce qu'on pourra obferver fur cette matiére.

Les corps folides & fermes réfiftent à être rompus par les petits liens & embarras de leurs particules qui font entrelacées les unes dans les autres: il y a des matiéres faciles à rompre, comme la glace; & d'autres qui fe rompent difficilement, comme le fer, le marbre &c.

On appelle la réfiftance abfoluë d'un folide à être rompu, lorfqu'on

le tire pour le déchirer ou rompre: ainſi ſi l'on ſuſpend un cylindre de bois A B par des cordes à une poutre par le moyen d'une groſſe tête A, & qu'on attache vers ſa baſe B des cordes qui ſuſpendent un poids C de 1000 livres, qui puiſſe rompre ce cylindre vers D ou plus haut ou plus bas en détachant & ſéparant ſes parties entrelacées; on dira que ſa réſiſtance abſoluë eſt de 1000 livres. Par la même maniére on ſaura la réſiſtance abſoluë d'une petite bande de papier, ſi l'on fait deux anneaux aux extrémitez en repliant les bouts & les collant à la bande, & paſſant dans ces anneaux vers I & L deux bâtons G H, M N: car ayant ſuſpendu au bâton M N le poids O par les cordelettes K & Z, ſi cette bandelette ſe rompt comme en P par ce poids préciſément lorſqu'il ſera de 4 livres; on dira que la réſiſtance abſoluë de cette bandelette eſt de 4 livres.

TAB. XX. Fig. 104.

TAB. XX. Fig. 105.

Galilée a fait un Traité de la réſiſtance des ſolides, où il donne la même définition de la réſiſtance abſoluë, & il explique à ſa maniére la force que doit avoir un poids lorſqu'il eſt ſuſpendu à l'extrémité d'un ſolide fiché dans un mur: Comme ſi le mur eſt A B & le ſolide C D E F, & que le poids G ſoit ſuſpendu en F par la corde F G, il dit que la longueur F D eſt comme le bras d'un levier, & que l'épaiſſeur C D eſt comme le contre-levier, en ſorte que ſi on vouloit ſéparer une partie qui eſt en C & que ſa réſiſtance abſoluë fût de 10 livres, il faudroit que le poids G fût ſeulement de 2 livres, ſi la longueur F D étoit 5 fois plus grande que D C: Mais en conſidérant une autre partie comme I également diſtante de C & D, il ne faudroit qu'une livre en G, parce que le levier F D ſeroit alors 10 fois plus grand que le contre-levier D I: Et parce qu'il ſuppoſe que la rupture ſe fait en même tems dans toutes les parties de C D, dont les unes ſont entre D & I & les autres entre I & C, il prétend qu'il faut conſidérer l'augmentation de la force du poids ſelon la raiſon de F D à la moyenne diſtance D I; ce qui pourtant répugne à pluſieurs expériences que j'ai faites avec des ſolides de bois & de verre, où j'ai trouvé qu'il falloit prendre la raiſon de F D à une ligne moindre que D I, comme le quart de D C ou le tiers &c. & non de F D à la moitié de D C. Pour trouver cette proportion & refuter celle de *Galilée*, je fais les raiſonnemens qui ſuivent.

TAB. XX. Fig. 106.

Je ſuppoſe premiérement, que le bois, le fer, & les autres corps ſolides ont des fibres & des parties rameuſes entrelacées les unes dans les autres, & qui ne peuvent ſe ſéparer que par une certaine force, & qu'elles font toutes enſemble la fermeté & réſiſtance de ces corps à être rompus quand on les tire perpendiculairement de haut en bas ſelon leur longueur:

2. Que ces parties peuvent s'étendre plus ou moins par de différens poids: & qu'enfin il y a une extenſion qu'elles ne peuvent ſouffrir ſans ſe rompre, en ſorte que s'il faut qu'un ſolide de bois ſoit étendu de deux lignes pour être rompu, & qu'un poids de 500 livres puiſſe faire

cette extension ; un poids de 125 livres ne le fera étendre que d'environ une demi ligne ; un de 250 livres, que d'environ une ligne &c; & qu'ainsi chaque extension fera équilibre avec un certain poids.

TAB. XX. Fig. 107. Cela étant supposé, soit considérée la balance A C B tournant sur l'appui C, chargée à son extrémité B, d'un poids F faisant équilibre avec les 3 poids égaux, G, H, I. La distance B C est à C E comme 12 à 1. G D est double de C E, & C A double de C D. Or si le poids G est de 12 livres, il faudra un poids en F de 4 livres pour le soutenir, puisque la distance B C est triple de C A ; il ne faudra que 2 livres en F pour soutenir le poids H, & une livre seulement pour soutenir le poids I : & par ce moyen un poids de 7 livres en F fera équilibre avec ces 3 poids chacun de 12 livres en G, H, & I. Si donc on ajoute un petit poids en F, les 3 poids s'éléveront ; & quoiqu'ils s'élévent inégalement, chacun agira par une pesanteur de 12 livres selon leur distance du poids C: mais il n'en est pas de même des parties d'un solide qui se rompt transversalement, & pour le faire voir,

TAB. XX. Fig. 108. Supposons que F C soit de 12 piés, C A de quatre, C E de 2, & C B d'un pié ; & que le solide A D C N soit joint au solide A C P Q inébranlable, par les 3 cordelettes égales & également fortes D I, G L, H M, un peu tenduës, qui passent au travers des petits trous dans le solide A C P Q, & noüées par dessus l'autre, comme on le voit en la figure. Soit encore supposé qu'afin que chaque cordelette soit prête à se rompre, il faille qu'elle soit étenduë de 2 lignes plus qu'elle n'est ; & qu'un poids R suspendu en F de 4 livres, puisse être assez fort pour reduire la cordelette I D à cette extension de 2 lignes ; & qu'y ajoutant un très-petit poids, elle doive se rompre. Il est évident qu'il faudra deux livres en R pour étendre de 2 lignes la cordelette L G étant seule, & une livre seulement pour étendre de même la cordelette H M, si le centre du mouvement est en C: Mais parce que lorsque la cordelette D I est étenduë de 2 lignes, la cordelette G L n'est étenduë que d'une ligne, & la cordelette H M d'une demi ligne, quand on les tire toutes ensemble ; il s'ensuit par la 2e. Supposition, qu'un poids d'environ une livre fera alors équilibre avec la tension de la cordelette G L, qui n'est que d'une ligne, & qu'il ne faudra que 4 onces pour faire équilibre avec la tension de la cordelette H M, quoique la résistance totale de cette derniére soit d'une livre ; & par conséquent pour reduire les trois cordelettes en cet état, il suffira que le poids R soit de 5 livres $\frac{1}{4}$, & que si on y ajoute un très-petit poids, la cordelette D I se rompra & presque en un même moment les deux autres, parce qu'elles résistent beaucoup moins que les trois ensemble.

TAB. XX. Fig. 109. Appliquons maintenant ces raisonnemens au solide A B C D fiché perpendiculairement dans le mur E A D O, & supposons que si on le tiroit de haut en bas perpendiculairement, il fallut 600 livres pour le rompre : je dis que si A D est divisé en trois parties égales par les points

G & H,

G & H, & que C D ſoit à D H comme 60 à l'unité, il ſuffira que le poids L ſoit de 10 livres pour rompre le ſolide; au lieu que ſelon *Galilée* il faudroit qu'il fût de 15 livres, puiſque C D eſt à D I moitié de D A comme 60 à un & demi ou 40 à l'unité, & que 600 eſt le produit de 15 par 40.

Pour prouver cette Propoſition, ſuppoſons, comme il a été expliqué ci-devant, que la fibre vers A ſe doive étendre de 16 parties très-petites pour être rompuë, & qu'il faille une pareille extenſion pour rompre les fibres vers G, I, & H. Il eſt évident que ces derniéres ne réſiſteront pas de toute leur force pour empêcher la rupture de la fibre vers A, & que ſi elles réſiſtent à proportion de leur diſtance du point D, & s'il faut 16 livres en L pour rompre la fibre en A, il en faudroit ſeulement 12 pour rompre la fibre en G, 8 pour rompre la fibre en I, & 4 pour rompre la fibre en H. Mais parce que quand la fibre en A ſe rompt, la fibre en G ne ſera étenduë que de 12 parties, celle en I que de 8, & celle en H que de 4, cela fait encore une autre raiſon ſemblable au lieu de 12 livres pour rompre la fibre vers G, il ne faudra que 9 livres ſavoir les $\frac{3}{4}$ de 12, & 4 livres pour rompre la fibre vers H. Or 12 eſt moyen proportionnel entre 16 & 9, & 4 entre 16 & 1: & par conſéquent ces nombres 1, 4, 9, 16, étant quarrez; ſi l'on conçoit que la longueur A D ſoit diviſée à l'infini, les réſiſtances de toutes les fibres ſeront en la proportion des quarrez de ſuite depuis l'unité. Mais ſi on prend tels nombres de quarrez qu'on voudra de ſuite commençant à l'unité, trois fois leur ſomme moins le nombre triangulaire, qui correſpond au dernier terme de la Progreſſion, ſera égal au produit du plus grand quarré par le nombre de la Progreſſion commençant à zero; & ce nombre trianglaire excédant ſera à ce dernier produit ſelon la Progreſſion à l'infini $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{16}$ &c. Donc cet excès à l'infini ſera comme rien, & par conſéquent tous le quarrez à l'infini ne feront enſemble que le tiers d'autant de quarrez égaux au plus grand y en ajoutant un pour le premier terme zero de la Progreſſion; de même que ſi l'on prend une Progreſſion de ſuite, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. la ſomme de tous ces nombres eſt la moitié du produit du plus grand par le nombre des termes de la Progreſſion.

Pour prouver par induction cette propriété des quarrez de ſuite, prenons l'unité, qui eſt le premier quarré; le triple de l'unité eſt 3; l'unité multipliée par les nombres des termes de la Progreſſion, 0, 1, eſt 2, qui eſt moindre que 3 du premier nombre triangulaire 1 qui eſt $\frac{1}{2}$ du nombre 2; 1 & 4 enſemble font 5; trois fois 5 eſt 15; le produit par la Progreſſion 0, 1, 2 eſt 12 moindre que 15 de 3 qui eſt le ſecond nombre triangulaire & qui eſt $\frac{1}{4}$ de 12; 55 eſt la ſomme des 5 premiers quarrez; 3 fois 55 eſt 165; le plus grand quarré 25 multiplié par les 6 termes de la Progreſſion, 0, 1, 2, 3, 4, 5, eſt 150 moindre que 165 de 15 qui eſt $\frac{1}{10}$ de 150.

Pour

Pour ſavoir ſi l'expérience ſeroit conforme à ce raiſonnement, je fis tourner au Tour deux morceaux de bois fort ſec. L'un d'eux, repréſenté par A B, avoit à ſes extrémitez deux petites boules, & le reſte C D étoit uniformément épais de trois lignes. L'autre E F étoit en toute ſa longueur épais de 3 lignes. Je mis le bout de ce dernier juſques au point G dans un petit trou fait dans une poutre, & il le rempliſſoit exactement ; & j'attachai à l'autre bout un poids de ſix livres en F. La diſtance G F étoit de 4 pouces ou 48 lignes, & par conſéquent elle étoit 48 fois plus grande que le tiers de l'épaiſſeur du bâton cylindrique G F, puiſque ce tiers n'étoit que d'une ligne ; & ſelon *Galilée* la proportion du poids étoit augmentée 32 fois : mais le bâton ſe courba un peu, & la diſtance ne fut plus que comme 30 à 1 à peu près, & le poids I de ſix livres ſuſpendu au point F fit rompre le bâton au point G : Or ſi la force de ce poids n'eût été augmentée que de 30 fois, il ne devoit faire qu'un effort de 180 livres, qui eſt le produit de 30 par 6. Je ſuſpendis enſuite le bâton A B par quatre cordelettes attachées à une petite corde qui faiſoit deux tours autour du col D & étoit retenuë par la boule B D, & j'accommodai de même quatre autres cordelettes à la boule C A pour ſuſpendre un poids de 180 livres qui devoit rompre le bâton A B, le tirant en bas perpendiculairement, ſi la régle de *Galilée* eût été véritable ; mais il ne ſe rompit pas. L'expérience ſe fit en préſence de Mrs de *Carcavy*, de *Roberval*, & *Huygens*. Je fis ajouter des poids de 10 ou 12 livres les uns après les autres ; & enfin quand il y en eût en tout environ 330 livres, il ſe rompit au point H. Or ſi l'on prend la proportion de 47 à 1 (qui eſt le tiers de l'épaiſſeur) à cauſe que le bâton ſe courba un peu avant que de ſe rompre, le produit de 47 par 6 eſt 282 au lieu de 330. Mais il y a apparence que ſi on y eût ſeulement mis 300 livres, & qu'on les y eût laiſſées quelque tems comme on laiſſa les 6 livres en I, il ſe fût rompu de même. Mais enfin la proportion fût beaucoup plus grande que de 30 à 1, & il ne manqua qu'environ $\frac{1}{7}$ qu'elle ne fût comme 47 à 1 ; ce qui pût arriver à cauſe que le bâton G F étoit peut-être plus foible vers le point G ou un peu plus épais. On recommença l'expérience en laiſſant une grande épaiſſeur aux deux bouts du bâton E F, laiſſant ſeulement deux pouces de G vers F afin que cette partie ſe courbât fort peu. Je me ſervis enſuite de quelques canons de verre ſolide de $\frac{2}{3}$ de ligne d'épaiſſeur, & je trouvois toujours à peu près qu'il falloit prendre la proportion de la longueur du cylindre de verre au tiers de ſon épaiſſeur : & dans une expérience où, ſelon *Galilée*, il n'eût fallu que 30 livres pour rompre la petite verge de verre ſituée perpendiculairement de haut en bas, il y en fallut ſuſpendre 50 ; le Sieur *Hubin* ajuſtoit de petites boules de verre aux deux bouts du cylindre pour le ſuſpendre.

TAB. XX. Fig. 110.

On peut objecter que dans le bois ou le verre ou les métaux, il n'y

a rien qui s'étende avant la fraction. Je demeure d'accord que l'extension du verre n'est pas sensible: Mais celle des métaux se reconnoît aisément, en ce que les cordes de claveslin, de quelque métail qu'elles soient, s'étendent sensiblement : d'où il s'ensuit qu'un cylindre d'un pouce d'épaisseur doit s'étendre aussi, mais il faudroit un poids de plus de 2000 livres pour l'étendre sensiblement; car puis qu'une boule de verre & d'acier s'enfonce par le choc, & se remet en sa premiére figure, elle peut aussi s'étendre. Si on laisse tomber un cylindre de bois sec d'un pouce d'épaisseur sur une pierre platte, il rebondit, & par conséquent il a ressort, & ses parties souffrent extension & pressement: & parce que l'expérience fait voir qu'un petit bâton qu'on plie pour le rompre, se resserrant vers la concavité de sa courbure, s'étend nécessairement vers la convexité avant que de se rompre; de là on peut conclure qu'il faut un effort pour faire la compression vers la concavité.

Cela étant supposé, si A B C D est un bâton quarré fiché dans un mur, on peut concevoir que depuis D jusqu'à I, qui est la moitié de l'épaisseur A D, les parties se pressent par le poids L; celles qui sont proches de D, davantage que celles vers I; & que depuis I jusques à A elles s'étendent, comme il a été expliqué; & l'on pourra appliquer le même raisonnement des cordelettes à la partie I A: d'où il s'ensuivra que comme la longueur I F est au tiers de l'épaisseur I A, ainsi sera augmentée la force du poids L pour rompre le solide. Et comme il faut plus de force pour presser les parties vers D que vers H, si on suppose que cette force diminuë selon la suite des nombres jusques à l'unité, il faudra encore la même proportion de la longueur I F au tiers de la largeur D I pour faire ce pressement. Et comme il est très-vrai-semblable que ces pressemens résistent autant que les extensions, & qu'il faut un même poids pour les faire; ces extensions & ces compressions partageront la force du poids L: Ajoutant le tiers de l'épaisseur I A au tiers de l'épaisseur I D, le tout sera égal au tiers de toute l'épaisseur A D; d'où il s'en suivra la même chose que si toutes les parties s'étendoient. Donc pour reduire l'extension vers le point A à la rupture, il faut que le poids L soit un peu plus de 10 livres pour rompre le solide A B C D, si la longueur C D est au tiers de l'épaisseur A D, comme 1 à 30, & qu'il faille un peu plus de 300 livres pour le rompre en le tirant de bas en haut: car la même chose doit arriver pour l'effort du poids, que si les parties entre I, D s'étendoient comme les supérieures. TAB. XX. Fig. 111.

J'ai expérimenté, avec le Sieur *Hubin*, qu'un fil de verre d'un quart de ligne d'épaisseur & long de 4 piés, s'étendoit de ½ de ligne sans se rompre, & en le laissant retourner de lui même, il reprenoit sa premiére extension. On en fit étendre trois de même grosseur, qui se rompirent étant étendus jusqu'à une ligne & demi. Pour le connoître, il y avoit aux deux bouts de chaque fil une boule de verre de 2 ou 3 lignes: On engageoit une de ces boules entre deux clous à crochet en-

foncez vers l'extrémité d'une table jufques à leur moitié, enforte qu'en les pouffant très-fort, on ne les faifoit point branler fenfiblement; & par conféquent le gros bout du filet, étant bien engagé par le bas des clous, ne fe pouvoit approcher vers l'autre bout de la table: Il y avoit 3 petits trous d'épingle pour faire difcerner l'allongement: Le fil portoit fur la table en fa longueur; mais en le tirant médiocrement il n'y portoit plus: Le gros bout qu'on tiroit, touchoit la table; on remarquoit qu'il touchoit par fon extrémité le premier trou d'épingle en le tirant avec la main médiocrement; & en le tirant plus fort, il alloit jufqu'au 2^e^. trou; & en le tirant encore plus, il alloit jufques au 3^e^; & en relâchant un peu de l'effort, il revenoit au 2^e^. ou au 1^r^. trou. Pour bien faire il eût fallu qu'un des bouts eût été pouffé à force en tournant dans un trou d'un morceau de fer, & que l'autre eût été attaché à 2 ou trois petites cordelettes, qui étant jointes enfemble n'en euffent fait qu'une, qu'on auroit entortillée autour d'une cheville d'un luth ou d'un autre inftrument pour étendre le filet en tournant peu à peu. On auroit fait des marques pour reconnoître l'allongement, & même on pourroit faire fonner le fil de verre comme une corde d'épinette.

Cela étant fuppofé, voici les expériences que j'ai faites pour la réfiftance des folides: ces régles peuvent beaucoup fervir aux Architectes pour les poutres, pour les faillies &c.

Un canon de verre de $\frac{5}{3}$ de ligne d'épaiffeur s'eft rompu par fon propre poids à 6 piés de faillie.

Un cylindre de marbre noir de 5 lignes de diamétre a foutenu horizontalement 190 livres, c'eft-à-dire 10 $\frac{1}{2}$ à 48 lignes de diftance. Le quarré de $\frac{5}{3}$ eft $\frac{25}{9}$: fon produit par un pié de longueur ou 144 lignes eft $\frac{3600}{9}$ ou 400 lignes, dont 6 piés péferont 2400 lignes cubiques. Comme 14 à 11, ainfi 2400 à 1886 lignes; & parce que un pouce cubique ou 1728 lignes péfent 2 onces 1 gros, 2886 lignes péferoient environ 2 onces 3 gros.

La moitié de la longueur de 6 piés eft 36 pouces ou 432 lignes. Comme le tiers de $\frac{5}{3}$ de lignes, favoir $\frac{5}{9}$, eft à 432, ainfi 2 onces $\frac{2}{3}$ à 1814, qui divifez par 16 onces donnent 113 livres 6 onces, qui feroit le poids que fupporteroit perpendiculairement ce cylindre de verre de $\frac{5}{3}$ de ligne.

Une verge de verre d'une ligne $\frac{3}{4}$ d'épaiffeur & longue de 11 pouces, étant pofée fur deux régles diftantes de 9 pouces l'une de l'autre & larges & épaiffes d'un pouce, & étant chargée à fon milieu d'une livre $\frac{3}{4}$ mife dans un godet de fer blanc fufpendu par une cordelette, s'eft rompuë dans le milieu. Une femblable verge pofée de même, mais ferrée par fes deux bouts entre les deux régles, & deux petits morceaux de bois plats de même largeur que les régles, s'eft rompuë par trois livres & une once, fufpenduës à fon milieu: la rupture s'eft faite aux deux bouts joignant les régles, & même l'un des bouts a été rompu à 3 lignes

gnes en dedans plus loin que l'appui. Ainsi on peut prendre pour régle, que les deux extrémitez proches de l'appui se rompent en ce dernier cas; par conséquent il faut deux fois autant de force que quand les extrémitez sont libres & qu'elle se rompt au milieu.

Une semblable verge posée en son milieu sur le trenchant d'un couteau, (on avoit mis de la cire d'Espagne vers les bouts pour empêcher de couler les cordelettes qui soutenoient les poids & pour marquer leur distance qui étoit de 9 pouces) il n'a fallu qu'une livre & demi & environ 3 onces pour la rompre, c'est-à-dire qu'on avoit mis dans deux godets ces poids, savoir en chacun une livre moins 2 onces & demi: elle s'est rompuë à trois lignes du couteau; il y avoit une marque blanche pour marquer le milieu de la verge.

Une lame d'épée posée par le bout dans un trou obliquement de bas en haut a supporté 68 livres; & une petite lame de fer blanc en a supporté 80.

Il est manifeste que si un solide A B se rompt par un poids L suspendu à son milieu E, étant appuyé par les extrémitez sur les 2 régles G & F, il doit se rompre de même, si l'appui est en E & les deux puissances en A & B égales entr'elles & ensemble à la force du poids L, puisque c'est toujours le même effort qui se fait en E. *Galilée* a démontré que le même poids qui rompt en E, rompra le solide de même épaisseur fiché dans un mur jusques au point A, si sa longueur est égale à A E: D'où il s'ensuit ce que j'ai trouvé par expérience, savoir qu'un verre plat A B de 12 pouces de longueur posé & appuyé par ses extrémitez & portant à faux de 9 pouces, s'étant rompu par le poids d'une livre 10 onces & 5 gros, s'est rompu par 3 livres 5 onces 4 gros, lorsque ses extrémitez furent serrées entre les appuis & des bois plats par des cordelettes, parce qu'alors ils doivent se rompre en A & B joignant les appuis; & parce que les deux résistoient par leurs deux extrémitez deux fois autant que le seul E A en son extrémité A, il y fallut mettre le double de poids en L. TAB. XXI. Fig. 112.

Le même Auteur a encore démontré, que si les appuis sont en double distance, la moitié du poids qui étoit en E suffira pour rompre le solide: dont la raison est, que le levier devient 2 fois plus long, & le poids par conséquent a 2 fois plus de force, le contre-levier ne changeant point. Mais si le solide est 2 fois plus épais, il faudra quadrupler le poids, parce que d'un côté il y a 2 fois plus de parties à détacher, & aussi la force du levier diminuë de moitié; ce qui fait que le poids doit être quadruple, & généralement les poids doivent être en raison doublée des épaisseurs.

De là on resout un Théorême fort surprenant, savoir: que si on a un quarré plat, de bois ou de verre ou d'autre matiére fragile, posé sur un quadre, en sorte que ses extrémitez y soient serrées fortement comme on serre les quarrez de verre sur un quadre de châssis; le même

poids diſtribué dans toute ſon étenduë qui le rompra, rompra tout autre quarré de même épaiſſeur de quelque largeur qu'il ſoit.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXI. Fig. 113. A B C D eſt le quadre qui tient ſerré le quarré de verre. E F eſt un autre quadre plus petit, tenant ſerré un autre quarré de verre de même épaiſſeur: je dis qu'il ſoutiendra un même poids diſtribué. Car ſoit une petite bande Q H poſée ſur le petit quarré, & pour la facilité de la démonſtration ſoit la bande I L en l'autre quadre double en longueur de Q H, & de même largeur & épaiſſeur. Il eſt évident par ce qu'en a démontré *Galilée*, que ſi on met un poids au milieu de Q H préciſément ſuffiſant pour le rompre, la moitié de ce poids poſé au milieu de I L, la rompra. Mais ſi on double la largeur de I L, & que la bande ſoit M N K S, il faudra le poids entier pour le rompre: car le levier demeurera le même, mais il y aura 2 fois autant de parties à détacher; & ſi l'on diſtribuë le 1[r]. poids le long de Q H, il le faudra doubler pour rompre la bande Q H, comme il a été prouvé par le même Auteur. Donc il faudra auſſi doubler le poids pour rompre M S double de I L. Mais ſi l'on ajoute en croix une autre bande O P dans le petit quadre, il faudra doubler le poids, ce que j'ai confirmé par expérience: car une ſimple bande s'étant rompuë par 2 livres & demi un peu moins, étant en croix il fallut 4 livres 11 onces un peu plus, qui eſt un peu moins que le double; ce qui peut proceder de ce que le quarré du milieu n'étoit pas doublé. Si donc on met une autre bande en croix G R de même largeur que I N, elle portera le même poids que la croix P O Q H; & ſi on continuë de faire plus larges ces croix ſelon les mêmes proportions, celle de la grande ſupportera toujours un même poids diſtribué; & enfin on peut continuer juſques à ce qu'il ne reſte que quatre quarrez très-petits aux angles de chaque quadre. D'où l'on doit conclure, que ſi on achéve ces deux quadres, le même effet ſuivra toujours & de même dans toutes les autres proportions: car ſi le quarré du milieu du petit fait que la croix ne porte pas un poids double de celui que porte la bande, auſſi le quarré du grand fera le même effet.

Ces régles ſervent pour les ſolides dont les matiéres ſont fragiles, comme le bois ſec, le verre, le marbre, l'acier &c.

Mais pour les matiéres ſouples & pliantes qui ſe rompent par la ſeule traction, comme le papier, le fer blanc, les cordes, &c; il faut d'autres régles, dont voici les principales.

RÉGLE

Pour les solides qui sont souples.

LEs bandes de papier, de fer blanc, & d'autre matiére semblable se rompent également, soit qu'elles soient longues ou courtes.

EXPLICATION.

BC est une bande de papier, colée; ou de fer blanc, cloüée sur les deux appuis E G, F H; & n'étant point portée dans la longueur CB. On met un petit bâton I L au milieu sur la bande, & on y attache aux extrémitez qui passent un peu au delà du papier, des cordelettes pour porter le poids P; car si l'on mettoit une cordelette sur la bande de papier, elle la plisseroit ou la couperoit. La bande étant de papier de 6 lignes de largeur s'est rompuë par le poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 114.

Une semblable bande se rompoit de même lorsque les appuis étoient moins éloignez de moitié : & lorsqu'étant entortillée par les extrémitez autour de 2 petits cylindres G H, M N, on attachoit un poids au cylindre d'en bas par le moyen de 2 cordelettes, comme on le voit en cette figure; la bande se rompoit aussi par un poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 115.

Quelques-uns objectent que les cordes K Z portent une partie du poids, & que sa pesanteur n'est pas employée à rompre la bande I L. Mais il est évident que la bande porte tout ce qui est au dessous d'elle, soit que les cordes s'étendent ou non: & pour le prouver, j'ai fait l'expérience suivante.

Un fil de cuivre tourné en vis, soutenu par la main en A, & ayant le poids C suspendu au bout B, s'étendoit d'une certaine maniére par ce poids plus ou moins selon qu'il étoit plus ou moins pesant: mais toutes les distances des spires étoient parfaitement égales, & lorsqu'on tenoit à la main l'endroit D, les distances demeuroient les mêmes sans aucun changement; ce qui faisoit connoître manifestement que l'extension des spires supérieures, lorsque la suspension étoit en A, n'amoindrissoit de rien la force du poids à l'égard des spires inférieures. La même chose arrive à une corde longue qui supporte un poids: car toutes les parties en souffrent la même extension sans que les supérieures diminuënt l'extension des inférieures, ni les inférieures celle des supérieures; & une longue corde & une courte supportent toujours le même poids, si ce n'est qu'il arrive que dans un longue corde il se peut trouver quelque défaut où elle se rompra plutôt qu'en une moindre. TAB. XXI. Fig. 116.

La même chose arrive à des bandes de fer blanc : car en une longue il y aura peut-être un défaut qui ne sera pas en une courte; & si l'on

en avoit pris la partie qui ne s'eſt pas rompuë, elle ſupporteroit un plus grand poids, parce que le défaut en ſeroit ôté. J'en ai fait pluſieurs expériences.

Une bande de fer blanc de 3 lignes $\frac{1}{4}$ de largeur a ſupporté 100 livres ſans ſe rompre, & s'eſt rompuë par 130 ou 128; & étant tirée de bas en haut, elle ne s'eſt pas rompuë à 120 livres, mais elle s'eſt rompuë à 123 par un endroit où il y avoit quelque paille: on jugera qu'elle auroit ſupporté davantage ſi on l'eût tirée bien droit & qu'il n'y eût point eu de défaut.

Une bande de fer blanc de 4 lignes $\frac{1}{3}$ de largeur portant à faux de 5 pouces dans le petit quadre, ne s'eſt point rompuë par 180 livres; on n'a pas achevé de la rompre en y mettant d'autres poids.

Une bande de papier de 6 lignes de largeur étant collée par ſes 2 extrémitez ſur 2 traverſes oppoſées d'un quadre de chaſſis de 5 pouces dans œuvre, s'eſt rompuë par 4 livres 3 quarts, & il a fallu ajouter 4 onces pour en rompre une égale tirée de haut en bas. Deux autres auſſi de 6 lignes ſe ſont rompuës par 4 livres en les tenant $\frac{3}{4}$ de minute avec le poids auſſi-bien dans le grand quadre que dans le petit.

Une autre bande de papier de la même force, de 6 lignes $\frac{1}{3}$ de large, s'eſt rompuë par 4 livres: elle étoit poſée ſur le même chaſſis de même en l'un qu'en l'autre: il y avoit 3 cordes qui portoient un petit godet, & une autre corde paſſant par deſſous, qui étoit ſoutenuë plus haut par un petit bâton: on mettoit dans le godet peu à peu des poids juſques à ce que la bande ſe rompît. On a collé du papier dans le grand quadre de 9 pouces dans œuvre & dans le petit de 5 pouces dans œuvre de même que quand on fait des chaſſis: on a poſé au milieu du grand papier un rond de cuir de 3 pouces 4 lignes, & ſur le milieu de ce cuir un poids de plomb de 4 livres qui n'avoit que 2 pouces & demi de largeur par ſa baſe qui poſoit ſur le cuir; on entaſſa pluſieurs poids ſur ce premier, & le papier ne ſe rompit qu'à 42 livres.

L'autre papier ſur le petit quadre ſe rompit à 34 livres, mais ſon petit cuir n'avoit qu'un pouce $\frac{3}{4}$ de largeur, ſur lequel on mit le même premier poids.

Pour comparer ces expériences entr'elles & avec les bandes de papier, la largeur du cuir qui poſoit dans le grand chaſſis étant de 3 pouces, & la baſe du poids de 2 pouces $\frac{1}{2}$ ainſi le cuir ne portoit pas bien ferme à ſes bords, & l'on peut prendre que la largeur de la bande qu'occupoit le diamétre étoit 5 fois plus grande que celle de la bande de 6 lignes qui avoit ſupporté quatre livres, & prenant une autre bande en croix C D de même largeur, ſi la premiére A B ſoutenoit 20 livres

TAB. XXI. Fig. 117.

pour être quintuple de 4 livres, les deux en ſoutenoient 40, les 2 livres de plus étoient ſoutenuës par les 4 bandes diagonales, E R, G F, qui ſouffrent fort peu par les raiſons qui ont été dites ci-deſſus, à l'égard des cordelettes, parce qu'elles ſont plus longues que les autres, & ne s'é-

s'étendent pas de toute l'étenduë propre à les faire rompre. Dans le petit chassis la bande AB n'étoit que 3 fois ½ plus large que la bande de 6 lignes ; elle devoit donc soutenir 14 livres, & les deux en croix 28 livres : les 6 livres restantes étoient pour les 4 bandes diagonales : & quoique ce soit plus à proportion que dans le grand, cela arrive par l'inégalité de la matiére qui a sa résistance absoluë moindre en un endroit qu'en un autre. Que si les bases des poids eussent été égales dans les deux quarrez de papier, ils eussent dû porter le même poids ; la rupture se fit en tous les deux, entre le poids & le quadre de bois.

Après avoir fait plusieurs expériences semblables, j'en ai fait plusieurs sur des tuyaux pleins d'eau. Je fis faire un tuyau de 50 piés, dont il a été parlé ci-dessus ; & l'ayant soudé dans le tambour cylindrique d'un pié fermé de tous les côtez, on posa le tambour sur 3 appuis à ses extrémitez. Les bases étoient des platines de cuivre d'une ligne d'épaisseur, & le tour étoit de fer blanc. Le tuyau, montant de 3 pouces de largeur, étoit soudé dans un trou fait au milieu de la platine supérieure ; & la surface cylindrique de fer blanc étoit soudée avec les platines en cette maniére.

A B représente le diamétre de la platine supérieure ; les petits quarrés C & D, l'épaisseur d'un fil de fer qui régnoit tout autour du fer blanc qui faisoit la caisse, joignant la platine, & servoit à l'y mieux souder. EF est le tuyau de fer blanc de 50 piés de hauteur. La platine inférieure étoit soudée de même avec la caisse de fer blanc que la supérieure. On fit emplir d'eau le tambour & le tuyau : Quand elle fut tout au haut, les platines se courbérent en convexité par le poids de l'eau : & comme elles agissoient en levier dont l'extrémité étoit G, & le contre-levier la largeur de la soudure, sur l'extrémité du fer blanc & sur la largeur du fil de fer ; la soudure se détacha par cet effort, les parties les plus proches de G se séparant les premiéres : l'espace désoudé fut de 4 pouces, par où toute l'eau s'écoula ; on la résouda de nouveau, & la platine d'en bas se désouda aussi dans l'expérience. Je fis refaire un autre tambour, où le fer blanc, étant rabatu sur les platines, les enfermoit en dedans & y étoit bien soudé. On augmenta ensuite le tuyau montant E F, jusques à ce qu'il eût 100 piés de hauteur, & il demeura plein d'eau assez long-tems avant que de se rompre : Mais enfin une des soudures de la caisse s'entrouvrit par le bas comme depuis S jusques à R, & se déchira de travers depuis R jusques à T : Les platines s'étoient courbées de plus d'un pouce ; mais leur soudure avec le fer blanc ne se rompit point, parce qu'agissant en levier comme en la premiére expérience, même plus fortement à cause du plus grand effort d'eau, la partie soudée du fer blanc s'élevoit avec elle, & par ce moyen ne se pouvoit désouder. On avoit tenu long-tems ce tuyau plein jusques à 80 & 90 piés ; mais rien ne se rompit : & parce que l'eau de 100 piés agissoit sur cette caisse de fer blanc comme si le

TAB. XXI. Fig. 118.

tuyau

tuyau eût été d'un pié de large jusques à cette hauteur, comme il a été prouvé dans le Discours de l'équilibre ; on peut tenir pour certain qu'un tuyau de fer blanc de 80 piés, & d'un pié de largeur, ne se rompra point étant plein d'eau.

Je fis ensuite mettre un tambour de plomb au lieu du tambour de fer blanc : son épaisseur étoit de 2 lignes & demi : il avoit un pié de largeur & 18 pouces de hauteur ; mais il étoit renflé comme un baril jusques à la rencontre des platines de plomb plates, de 8 pouces de largeur, & de la même épaisseur de 2 lignes & demi. Les soudures avançoient d'un demi pouce sur les platines, & sur ce qui avoit été rabatu qui joignoit les platines, en sorte qu'elles avoient un pouce de largeur & plus ; elles étoient hautes de plus de 8 lignes. On emplit d'eau le tuyau de 100 piés de hauteur, & les deux platines se courbérent en rond de plus d'un pouce ½ : mais rien ne se rompit ; car la soudure s'éleva aussi avec le reste, & l'épaisseur du plomb étoit trop grande. Il y a du plomb poreux qui auroit laissé passer quelques petits filets d'eau, comme j'en ai vû une fois l'expérience en un tambour d'un pié & demi, & de l'épaisseur de deux lignes, quoique le tuyau montant ne fut que de 15 piés. Enfin pour achever l'expérience, je fis ratisser avec un couteau, & limer le tambour dans son milieu d'environ 6 pouces de hauteur & 4 pouces de large : & quand son épaisseur fut reduite à une ligne un peu moins dans le milieu de ce qui étoit limé, alors le plomb s'enfla en cet endroit, & il s'y fit une fente de trois pouces de hauteur par où toute l'eau s'écoula. On peut donc en seureté se servir d'un tuyau de 100 piés, large de 12 pouces, & d'épaisseur de 2 lignes, ou même une ligne & demi si le plomb est bon. Voici comme on peut expliquer la résistance du tambour de fer blanc. Il le faut considérer comme une bande de fer blanc d'un pié de largeur qui doit se rompre en se déchirant. Or cette bande est 24 fois plus large que celle de 3 lignes qui supportoit 120 livres ; elle doit donc supporter 445 fois davantage à peu près, & parce que l'eau du tuyau pesoit alors 5500 livres : car il la faut considérer comme si elle étoit de la largeur d'un poids jusques au haut de 100 piés : & un pié cylindrique d'eau pése 55 livres, qui multipliées par 100 donnent 5500 : 45 fois 120 fait 5400, & par conséquent le rapport est assez juste : & si la soudure eût été bonne par tout, le tambour auroit encore pû porter 100 livres ou 2 piés d'eau plus haut. Il faut considérer qu'il ne faut pas faire état de ce que le poids est distribué par tout quoique ce soit en déchirant. Si l'on veut savoir la proportion de la résistance des autres tuyaux, voici les Régles qu'on peut suivre ; on suppose que les platines sont assez fortes.

I. RE'-

I. RÉGLE.

SI la hauteur du réſervoir eſt double, il y aura deux fois autant de poids d'eau, & par conſéquent il faudra deux fois autant d'épaiſſeur de métail dans le tuyau afin qu'il y ait deux fois autant de parties à ſéparer. Si le diamétre du tuyau eſt 2 fois plus large, il faudra 2 fois plus d'épaiſſeur: car les mêmes parties du fer blanc ne ſeront pas plus chargées, & elles ſont ſeulement doubles.

II. RÉGLE.

SI les platines ſont les moins fortes, & que la rupture s'y doive faire en les ſuppoſant de fer de fonte, ou d'une autre matiére aigre & caſſante; lorſque les tuyaux auront 4 fois autant de hauteur, il faudra doubler ſeulement l'épaiſſeur du métail, comme il a été prouvé ci-devant: car alors la platine ſe rompt en levier, & le contre-levier devient deux fois plus grand, & il y a deux fois autant de parties à ſéparer. La même choſe arrivera ſi le diamétre eſt double: car il y aura 4 fois autant de poids; il faudra donc doubler ſeulement l'épaiſſeur. D'ailleurs ces platines différentes peuvent ſupporter le même poids; mais le poids étant quadruple, il faut doubler l'épaiſſeur: & ſi la hauteur & la largeur du tuyau ſont enſemble plus grandes, il faudra faire le calcul de la hauteur & enſuite celui de la largeur, comme en l'exemple ci-deſſus; il faudra doubler l'épaiſſeur par la hauteur quadruple, & doubler celle-ci par la ſurface quadruple de la baſe, dont il faudra quadrupler l'épaiſſeur de la platine: mais quand c'eſt du fer blanc ou du cuivre fort ſouple, ſi le réſervoir eſt 4 fois plus haut, il aura 4 fois plus de poids; il faudra donc 4 fois plus d'épaiſſeur; & ſi le diamétre eſt double, il y aura encore 4 fois plus de poids, & il faudra encore quadrupler l'épaiſſeur, ce qui fera 16 épaiſſeurs: ainſi ſi une demi-ligne d'épaiſſeur de cuivre peut ſupporter 60 piés de hauteur & 4 pouces de largeur de tuyau, ſi la hauteur eſt 240 piés, & la largeur de 8 pouces, il faudra 8 lignes d'épaiſſeur de cuivre.

Il vaut toujours mieux faire les tuyaux un peu plus épais que ſelon le calcul: car il arrive ſouvent qu'il y a des défauts dans la matiére. On a vû des conduites de fer de fonte de 4 pouces de diamétre & de 3 lignes d'épaiſſeur, où il ſe trouvoit beaucoup de tuyaux de ceux qu'on joint enſemble pour compoſer la conduite, qui ſe rompoient, parce qu'en les jettant il s'y étoit fait des vuides, & la matiére étoit défectueuſe en ces endroits: on a vû auſſi ſuinter de l'eau par leurs pores au commencement; mais enfin les pores ſe fermoient par les petites ſaletez que l'eau charrie, & ils étoient de bon ſervice dans la ſuite.

TROISIÉME DISCOURS.

De la distribution des Eaux.

POur partager l'eau en divers jets, & savoir combien on en donnera à chacun, ce qui peut aussi servir à la distribution qu'on fait à plusieurs particuliers de l'eau d'une source; il faut avoir une jauge dont les ouvertures soient quarrées, & non rondes.

TAB. XXI. Fig. 119. Comme A B est le haut du vaisseau qui sert de jauge, & C D la hauteur de l'eau; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au dessous de la surface C D selon une ligne droite horizontale E N. Or si l'on a divisé cette jauge en plusieurs quarrez d'un pouce en tous sens, comme E F P H &c. ils donneront plus d'un pouce: car si les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui sera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 est à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes: car 11 est à 14, comme 14 à 17 $\frac{9}{11}$. Il faudra donc diviser E F en 14 parties égales; & si E R contient 11 de ces parties, le quarré long E R S H sera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'est-à-dire 14 pintes, en une minute, si l'eau du baquet qui sert de jauge demeure à la hauteur C D. On fera plusieurs ouvertures de suite égales à F R S H sous la même ligne E N, comme R L T S, L M V T, &c; & si l'on veut donner un demi pouce, il faudra diviser un de ces quarrez longs, comme O Q I G par la moitié par la ligne X Y; & chaque moitié donnera un demi pouce, c'est-à-dire 7 pintes, en une minute; & en toutes les autres divisions de même, en prenant le tiers comme I K Z Q, ou le quart &c. Il y aura encore cet avantage, que si les eaux qui fournissent l'écoulement diminuënt, & qu'en coulant elles ne remplissent que le tiers ou la moitié ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les particuliers perdront à proportion, ce qu'on ne peut faire quand les trous sont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela sera recompensé en ce que l'eau succéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand: Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entiéres, égales chacunes à E R S H, comme E H V M pour trois: mais il faudra un peu séparer les ouvertures, quand on ne donne qu'un pouce à chaque particulier; car leurs eaux se confondroient s'il n'y avoit que 2 ou 3 lignes entre elles: il faut que l'entrée de chaque tuyau soit assez large pour recevoir l'eau de chaque division.

Voici comme on peut distribuer une source dans une Ville à plusieurs particuliers.

Je

Je suppose que la fontaine donne 40 pouces d'eau en Eté, & 50 pouces en Hiver, & 45 dans les autres tems: il faut faire plusieurs réservoirs, comme F G H I, où l'eau se décharge. TAB. XXI. Fig. 120.

Dans le prémier, qui sera le plus grand, on laissera élever l'eau jusqu'à une hauteur comme A B, où l'on fera un passage à l'eau pour couler plus loin; & on fera les trous par où l'on veut faire la premiére distribution, comme en C, D, E, un pié au dessous de A B: ces trois trous pourront être assez grands ensemble pour laisser passer 20 pouces, & les 25 pouces restans passeront par dessus A B. Il est évident que quand l'eau sera la plus forte, l'élévation de l'eau courante sera plus grande au dessus de A B; & quand elle sera moins forte, qu'elle sera moindre, mais ce ne sera que d'un pouce au plus: tellement que quand l'eau qui entre dans le réservoir, sera de 50 pouces, il en passera environ 20 pouces & demi, par les 3 ouvertures; & qu'il n'en passera que 19 & demi à peu près, quand elle ne donnera que 40 pouces. On fera de même à l'égard de l'eau qui passera par dessus A B, & de celle qui passera par les trous; & on leur fera de petits réservoirs en d'autres quartiers de la Ville, où l'on distribuëra aux particuliers les 25 pouces & les 20 pouces, observant toujours de faire les trous 12 pouces ou du moins 10 pouces au dessous de A B. Enfin il arrivera que dans les grandes eaux il restera 5 ou 6 pouces d'eau, qu'on donnera au public en quelque endroit peu fréquenté pour quelques usages, & cette eau ne durera que pendant les grandes eaux, ce qu'on observera aussi dans les autres conduites comme C, D, E. Car il y aura toujours quelques restes qui seront au profit de la Ville, soit pour faire des viviers ou autres amas d'eau qui se conservent long-tems, sans qu'il y en entre de nouvelle, & qui se répareront de tems en tems: le reste sera également distribué sur le pié de 45 pouces, sinon qu'ils auront quelquefois un peu moins, quelquefois un peu plus.

Frontinus, Auteur Romain, a parlé de ces conduites d'eau d'une autre maniére. Il appelle *Quinaria* ce que nous appellons Pouce; mais son *Quinaria* étoit un peu plus petit. Il semble que la façon d'appliquer ce qu'il appelle *Calice*, au bas duquel il y avoit un petit tuyau de la grandeur de son *Quinaria*, ne pouvoit pas être juste; & il vaut mieux conduire jusqu'à un quartier de la Ville 10 pouces, s'il ne faut que dix pouces aux particuliers qui y sont, & les faire décharger dans un réservoir long, où l'on appliquera une jauge comme ci-dessus, donnant un pouce ou un demi pouce, suivant l'acquisition: & quand il y a des particuliers qui n'en veulent qu'une ligne, qui est la 144^e^. partie d'un pouce, ou deux lignes qui est la 72^e^. du pouce; alors il faudra faire la jauge autrement que celle ci-dessus. En un petit réservoir séparé où l'on fera passer l'eau de 5 lignes par dessus les ouvertures, & ayant fait un trou quarré de quatre lignes de largeur, on en ôtera $\frac{3}{14}$ de la largeur, laissant la hauteur de 4 lignes qui donnera la neuviéme partie d'un pou-

 ce,

ce, c'eſt-à-dire 16 lignes; la moitié de cette largeur donnera 8 lignes, & le quart 4 lignes: ou bien on fera paſſer l'eau 6 lignes & demi par deſſus une ouverture d'une ligne en quarré, dont on ôtera $\frac{3}{14}$, afin de faire la valeur d'une ligne ronde préciſe, qui donnera $\frac{1}{14}$ de 14 pintes en une minute, & 144 pintes en 24 heures de celles dont il faut 36 pour un pié cube: ſi on double la largeur, ce ſera 2 lignes, qui donneront un muid en 24 heures, & douze pintes en une heure, & 3 pintes en un quart-d'heure; & pour être plus aſſeuré qu'on ne donne pas plus ou moins que deux lignes, il faudra compter le tems dans lequel cette ouverture emplit un demi ſeptier, & ſi c'eſt en 75 ſecondes, la meſure ſera juſte: il faudra conduire ce peu d'eau dans des Canaux d'un pouce au moins, car ils pourroient ſe boucher s'ils étoient plus petits; & même de 10 ans en 10 ans il faudra prendre garde ſi les jauges ne s'empliſſent pas de quelque matiére pierreuſe qui diminuë les ouvertures, & en ce cas on les refera de nouveau.

Lorſque les tuyaux de conduite ne ſont pas aſſez larges, il s'y amaſſe dans les endroits les plus bas un limon très-fin, que les eaux les plus claires charient très-ſouvent avec elles, qui venant à ſe durcir, bouche entiérement le tuyau: c'eſt pourquoi il ſeroit à propos dans ces endroits les plus bas d'y faire des ouvertures de tems en tems pour y faire couler l'eau avec violence, qui entraînera avec elle ce limon, pourvû qu'il ne ſoit pas encore pétrifié.

Il arrive encore que ſi l'on eſt obligé de faire paſſer un tuyau par deſſus quelque éminence, il faut faire ſouder à la partie la plus élevée du tuyau de conduite un autre petit tuyau que l'on appelle une ventouſe: ce tuyau a un robinet à une médiocre hauteur par deſſus le tuyau de conduite; on l'ouvre de tems en tems pour faire ſortir l'air, qui étant entraîné avec l'eau s'amaſſe dans la partie ſupérieure du tuyau, & qui étant comprimé par l'eau qui le preſſe, s'échappe par bouillons, & donne des coups ſi violens contre le tuyau de conduite, qu'il y fait très-ſouvent des ouvertures, s'il n'eſt pas aſſez fort pour réſiſter, & enfin il le caſſe s'il eſt d'une matiére fragile.

FIN.

TABLE

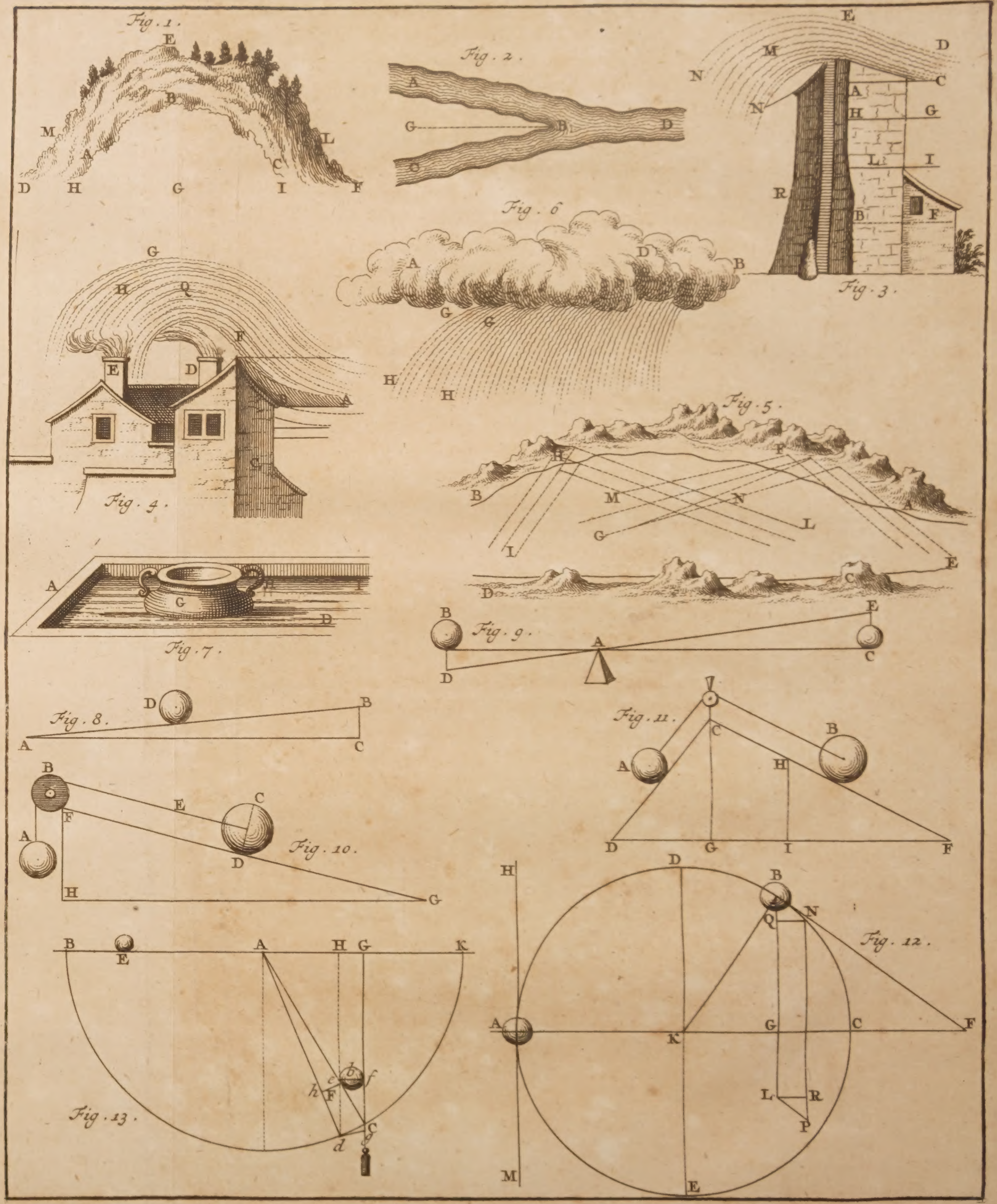


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.

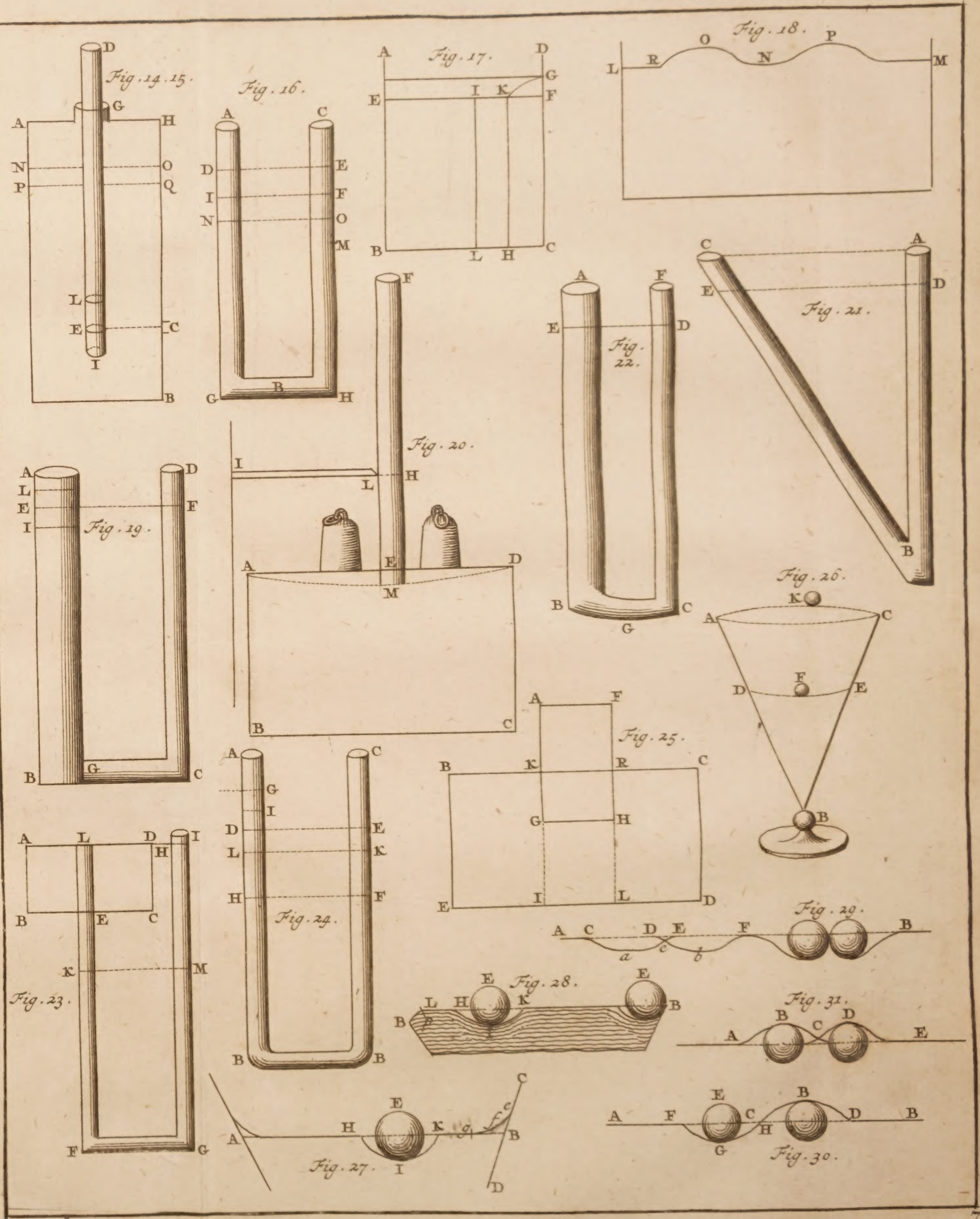


Fig. 14. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.

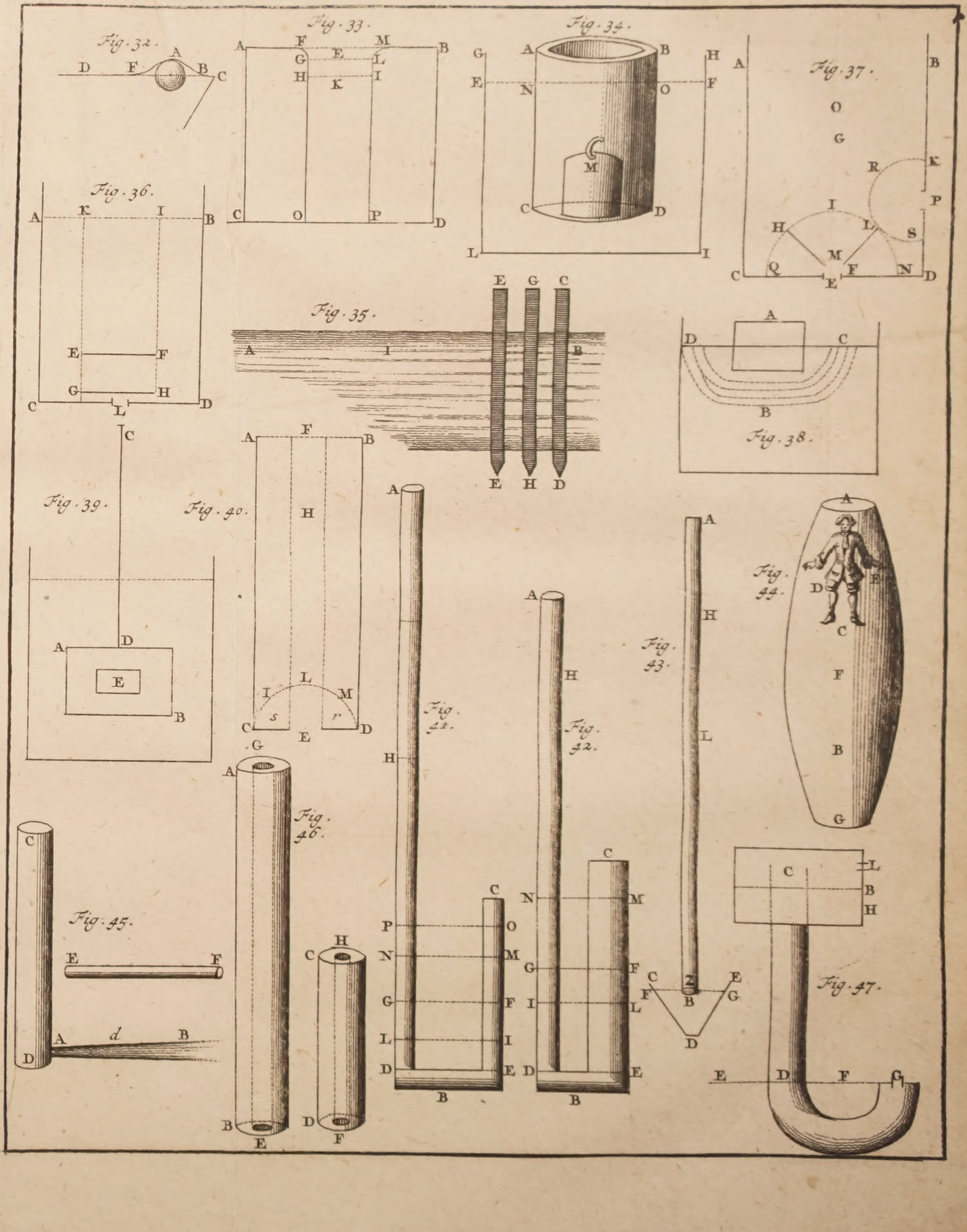


Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.

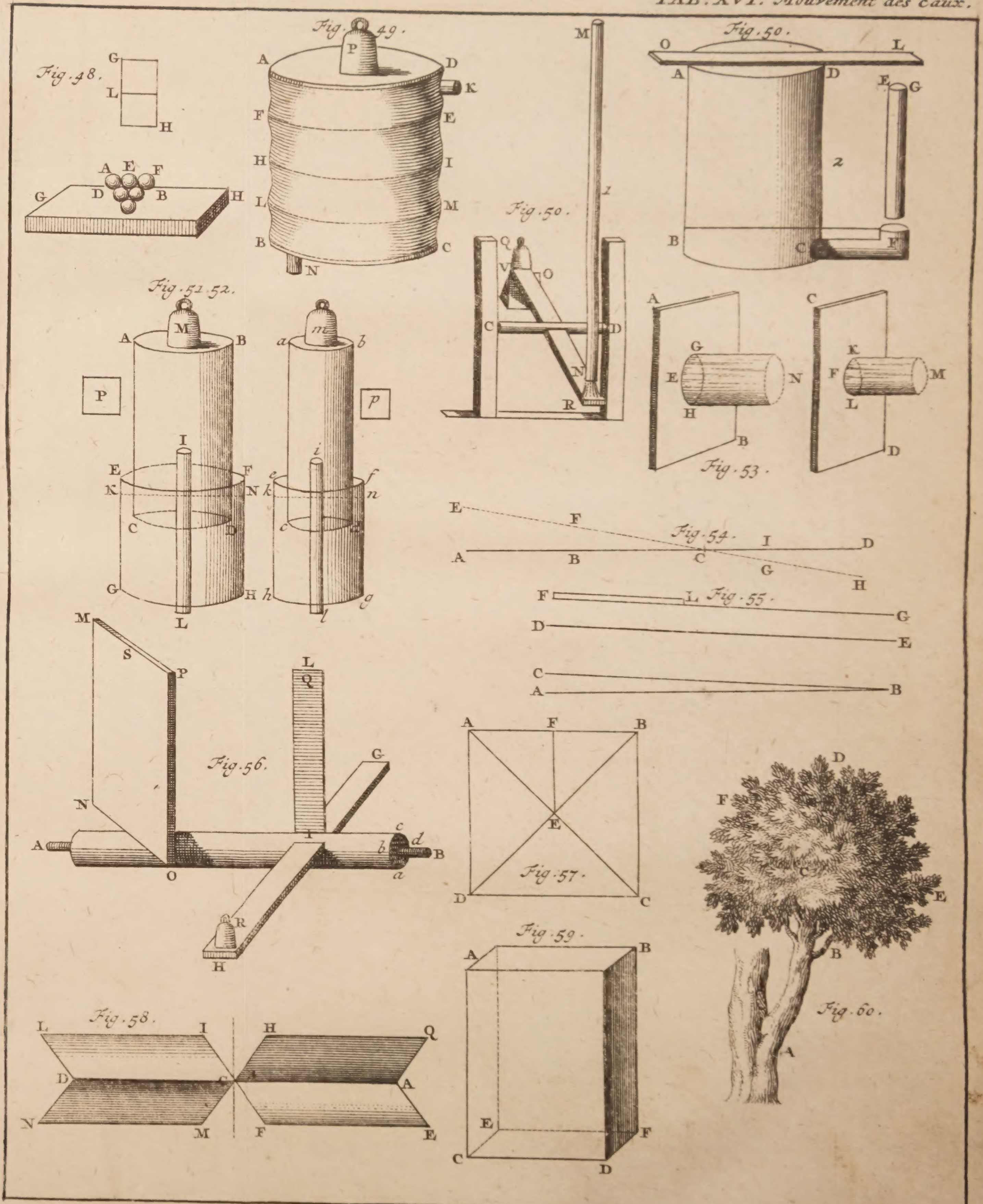


Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 50.
Fig. 51. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.

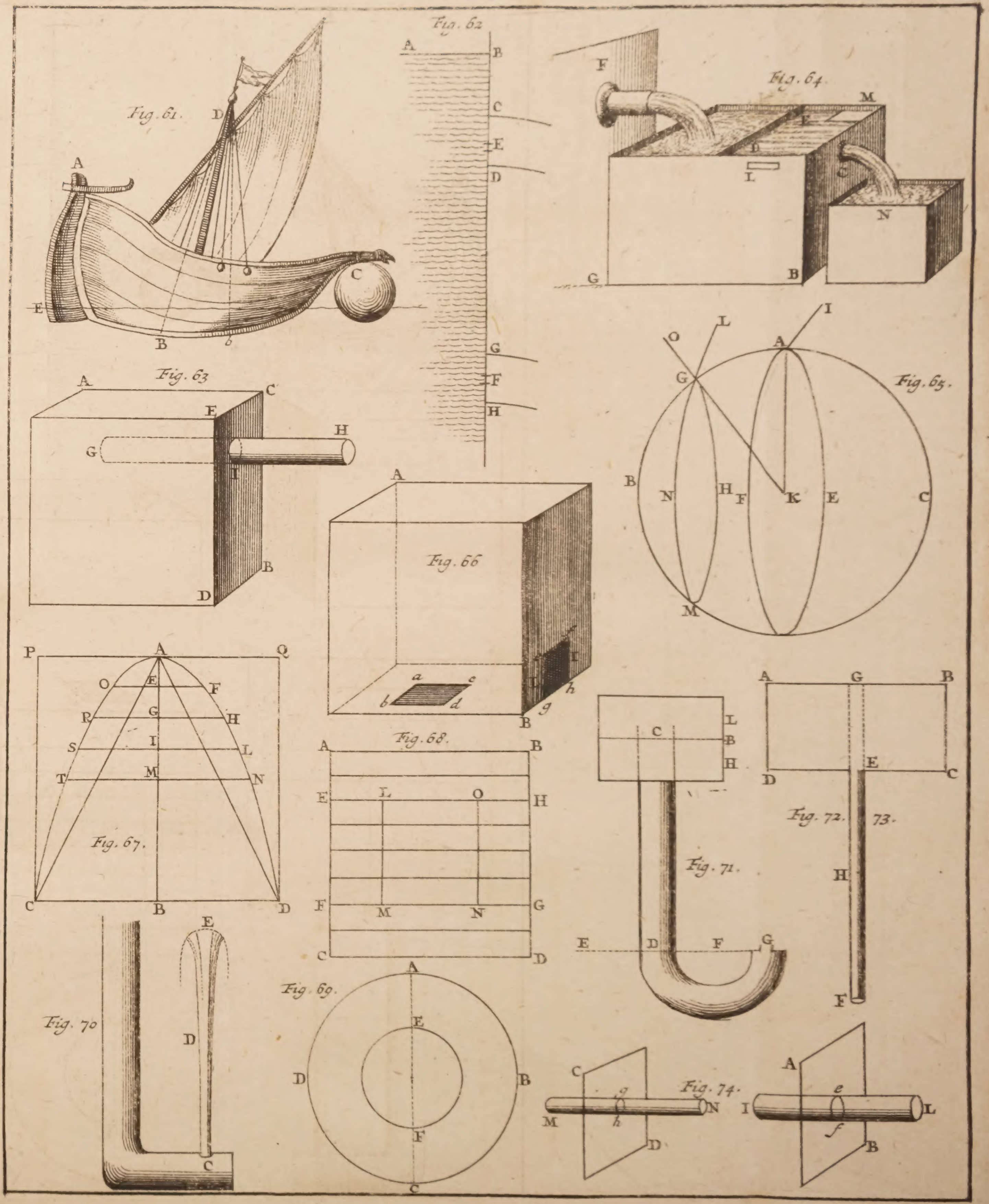


Fig. 61.
Fig. 62
Fig. 63
Fig. 64
Fig. 65.
Fig. 66
Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70
Fig. 71.
Fig. 72. 73.
Fig. 74.

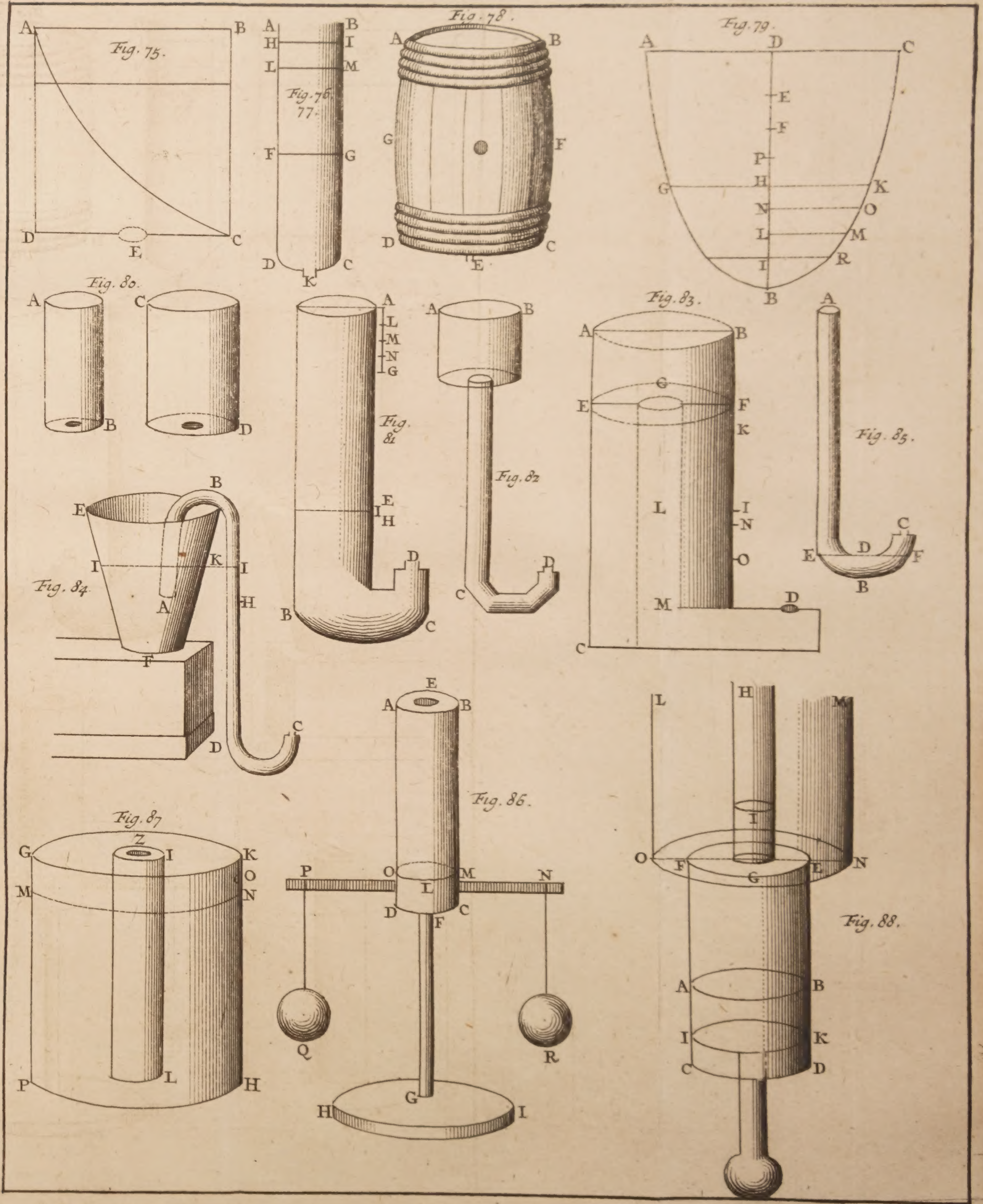


Fig. 75.
Fig. 76. 77.
Fig. 78.
Fig. 79.
Fig. 80.
Fig. 81
Fig. 82
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87
Fig. 88.

Fig. 79.

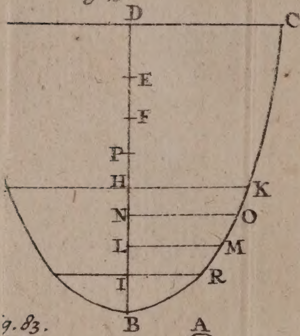
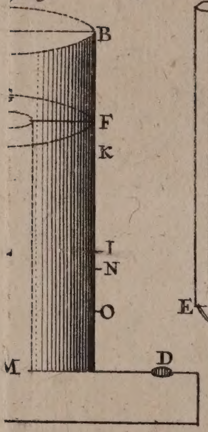


Fig. 83.



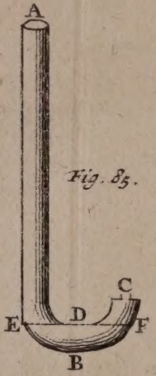


Fig. 85.

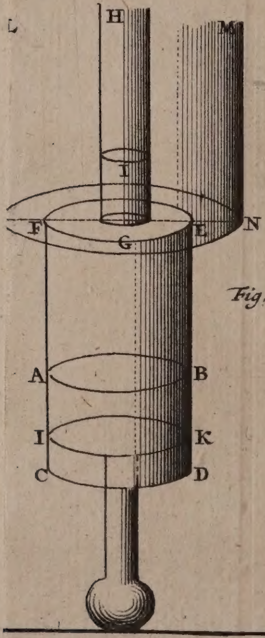


Fig. 88.

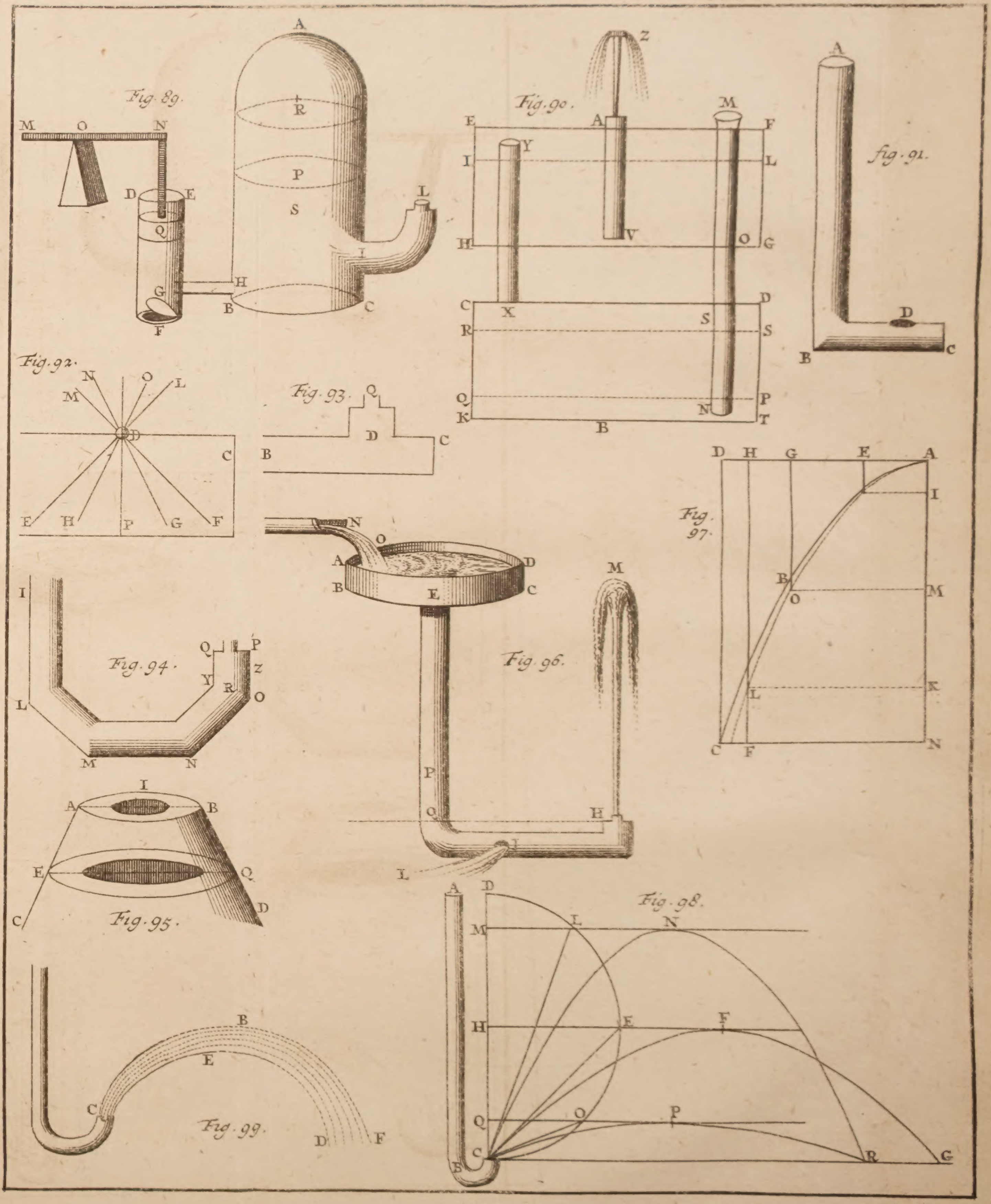


Fig. 89.
Fig. 90.
fig. 91.
Fig. 92.
Fig. 93.
Fig. 94.
Fig. 95.
Fig. 96.
Fig. 97.
Fig. 98.
Fig. 99.

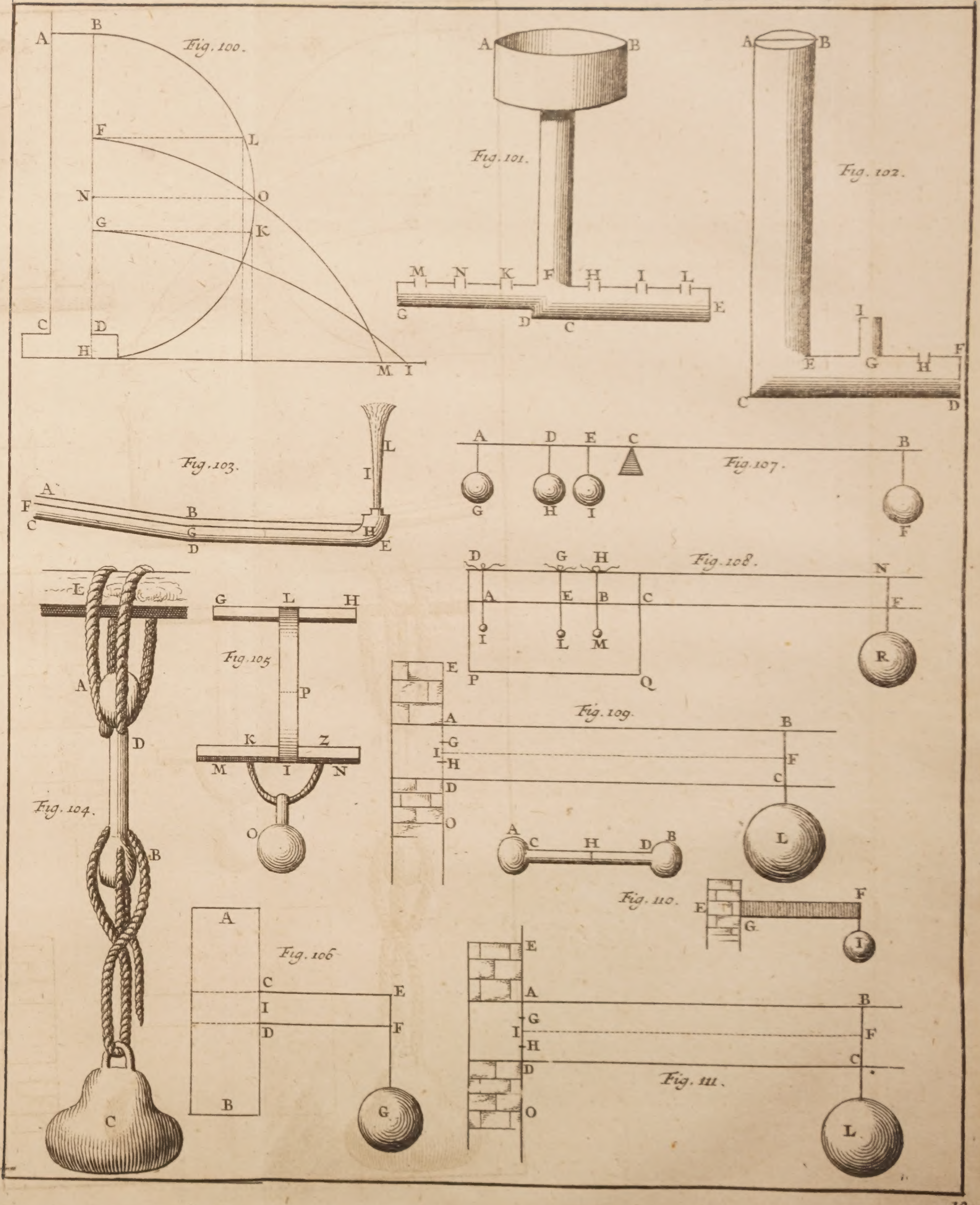


Fig. 100.
Fig. 101.
Fig. 102.
Fig. 103.
Fig. 104.
Fig. 105
Fig. 106
Fig. 107.
Fig. 108.
Fig. 109.
Fig. 110.
Fig. 111.

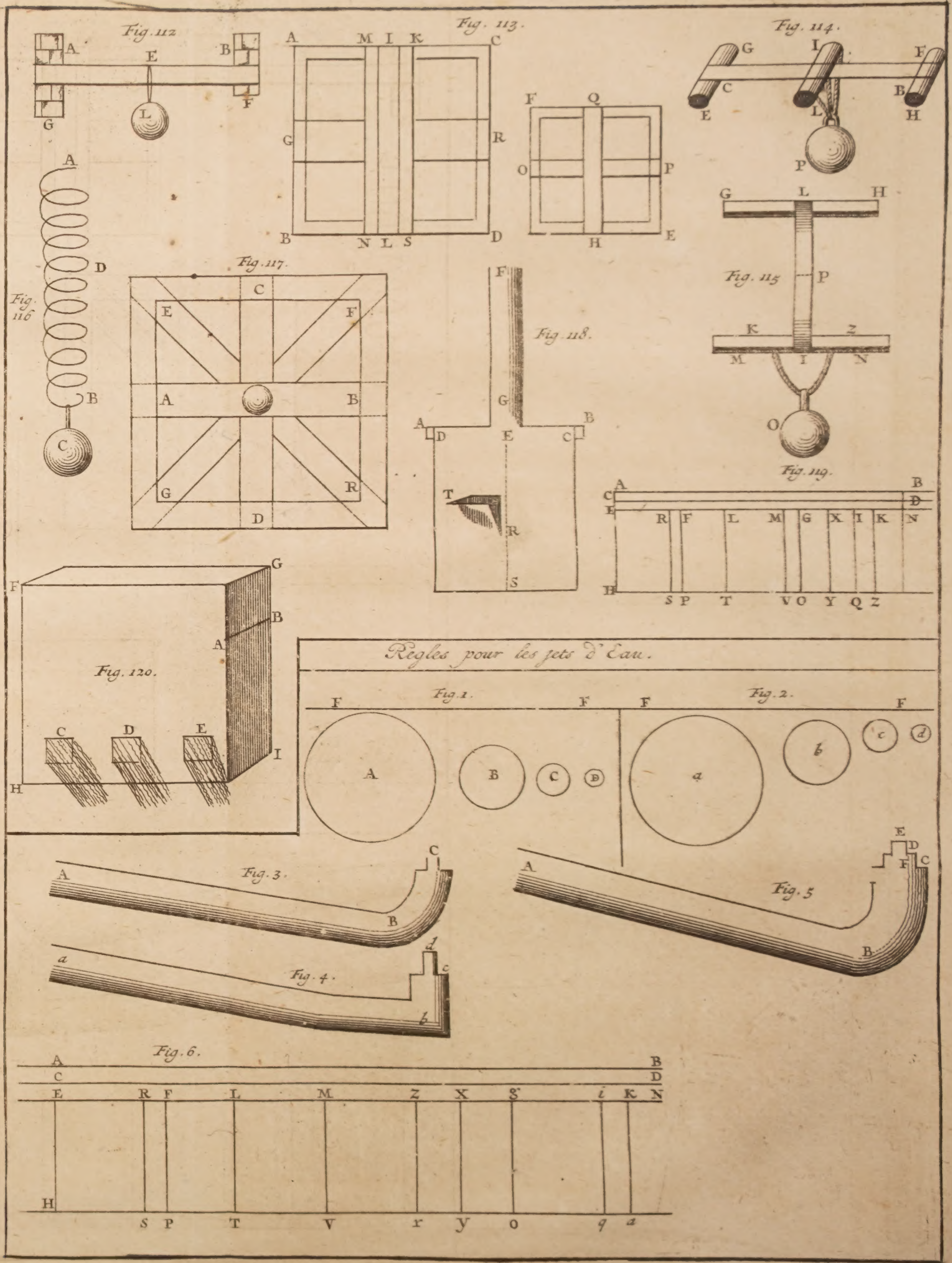


Fig. 112
Fig. 113
Fig. 114
Fig. 115
Fig. 116
Fig. 117
Fig. 118
Fig. 119
Fig. 120.
Regles pour les jets d'Eau.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6.

TABLE DES PRINCIPALES MATIÉRES CONTENUES DANS CE TRAITÉ.

PREMIÉRE PARTIE.

De plusieurs propriétez des corps fluïdes, de l'origine des fontaines, & dès causes des vents.

I. DISCOURS.

De plusieurs propriétez des corps fluïdes. Page 326
L'Etat naturel de l'eau est d'être glacée 327
Des parties de l'eau changées en air. ibid.
Expérience pour montrer que l'air s'insinuë dans l'eau & dans l'esprit de vin. 328
Remarques sur la formation de la glace, & pourquoi elle s'entr'ouvre. 329
De la matiére fulminante qui est dans l'eau. 331
Remarques & conjectures sur la viscosité de quelques corps fluïdes. 332

II. DISCOURS.

De l'origine des fontaines. 333
Réponse aux objections sur l'origine des fontaines. 334
Remarques sur l'augmentation & la diminution de quelques sources. 336
Des sources & lacs élevez sur de hautes montagnes. 337
Observations sur la quantité de l'eau de la pluië. 338
Calcul des eaux pour fournir la riviére de Seine. 339

III. DISCOURS.

De l'origine & causes des vents. 340
Conjectures sur les causes des vents. 342, 343
Observation sur un vent qui se fait aux ouvertures des fours à chaux. 346
Remarque sur la révolution des vents à Paris *& aux environs.* 346, 347
Expérience sur le mouvement de l'air. 347
De la cause des tourbillons. 349
De la cause des différentes directions des vents, & de la fumée de quelques cheminées. 350
Explication des orages & ouragans. 353

SECONDE PARTIE.

De l'équilibre des corps fluïdes.

I. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluïdes par la pesanteur. 356
Principe universel de Méchanique. 360
Preuves de la pesanteur de l'air. 361
De l'eau. 364
Régle de l'équilibre de l'eau par son poids. 365
Expérience de l'équilibre de l'eau. 368
Régle de l'équilibre des liqueurs différentes par la pesanteur. 371
Premiére Régle de l'équilibre des corps fermes, dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau. 372
Propriété de l'eau de s'attacher ou de s'écarter de quelques corps. 373
D'où vient que quelques corps plus pesans que l'eau nagent au dessus. 374
Les matiéres congelées sont plus legéres que les mêmes matiéres fonduës. 375
Application de la régle précédente. ibid.
Seconde Régle, avec quelques remarques. 376
Troisiéme Régle pour les corps qui pésent plus que l'eau. 378
Quatriéme Régle. ibid.
Expérience qui montre que quelques corps plus legers que l'eau peuvent descendre au fond. 379

II. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluïdes par le ressort. 380
De la proportion de la condensation de l'air. 381
De la rarefaction ou dilatation de l'air. 383
Régles pour l'élévation de l'eau dans les pompes aspirantes. 385
Expérience sur le ressort de l'air. 387, 388
Refutation de l'erreur de ceux qui croyent que l'air ne pése pas sur les corps qui sont au dessous. 388
Du ressort de la flamme de la poudre à canon. 390

III. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluïdes par le choc. 391
Premiérement du choc de la flamme. ibid.
Du choc de l'air, & de l'eau. 392
Premiére régle; du choc des jets d'eau. ibid.
De l'accélération de la vitesse des corps qui tombent. 393
De la lenteur de la sortie des premiéres goutes d'eau par l'extrémité des tuyaux. ibid.
Seconde Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eau qui tombent de haut en bas. 395
Troisiéme Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eau en raison des hauteurs des réservoirs. 397
Conséquence pour la vitesse des jets d'eau qui sont en raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs. 399
Quatriéme Régle, des jets d'eau égaux & de vitesses inégales, qui soutiennent par leur choc des poids en raison doublée des vitesses. ibid.
Expérience pour connoître la force du choc

choc de l'air. 400
Conséquence où l'on voit quelle est la proportion du tems de l'écoulement de l'air de deux cylindres inégaux, par des ouvertures égales, & chargez de poids égaux. 401
Cinquiéme Régle pour les jets d'eau de même vitesse, mais inégaux en grosseur, qui soutiennent des poids par leur choc, qui sont l'un à l'autre en raison doublée des ouvertures. ibid.
De la pesanteur du pié cube d'eau, & la quantité des pintes qu'il contient. 402
Pour mesurer la vitesse & la force du choc de l'eau courante. 402
De l'effort des roues des moulins qui sont sur la riviére de Seine. 403
Expériences pour les vitesses différentes des eaux courantes, tant au fond qu'a la surface. 403, 404
Calcul de la force des roues des moulins de la Seine. 405
Pour la force du choc du vent contre les aîles d'un moulin. ibid.
Pour le choc du vent contre la voile d'un vaisseau. 406
Comparaison de la force des moulins à vent aux moulins de la Seine. 407
Description & jugement de plusieurs moulins à vent qui tournent à tous vents. 408
Pour le calcul de la vitesse du vent, qui peut renverser des arbres & autres corps. 409
Pour augmenter la force d'une certaine quantité d'eau. 410, 411

TROISIÉME PARTIE.

De la mesure des eaux courantes & jaillissantes.

I. DISCOURS.

Du pouce pour la mesure des eaux. 411
Premiére expérience pour déterminer la quantité d'eau que fournit un pouce en un certain tems. 412
Proposition où il est démontré que le pendule qui marque par ses battemens une seconde de tems, doit être plus court dans les païs proche la ligne équinoxiale, que vers les poles. 414
Difficultez qui surviennent à l'expérience précédente. ibid.
Seconde expérience par une ouverture de 6 lignes de diamétre, & des différences entre les ouvertures verticales & horizontales. 415
Les dépenses des eaux par des ouvertures égales posées l'une sur l'autre, sont en même proportion que les ordonnées d'une parabole. 416
Diverses causes qui apportent quelques irrégularitez à la régle de la dépense des eaux. 418
Un pouce d'eau est déterminé à fournir 14 pintes mesure de Paris en 1 minute de tems. 419
Troisiéme expérience d'un pié cube rempli en 2 minutes & demi. 419
Moyen pour connoître les pouces d'eau d'une fontaine ou d'un ruisseau coulant. 420

II. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes selon les différentes hauteurs des réservoirs. ibid.
Premiére expérience pour la dépense des

des

des eaux jaillissantes. 420
Deuxiéme expérience. ibid.
Régle pour la mesure des eaux jaillissantes. 421
Table des dépenses d'eau par 3 lignes d'ajutoir pendant une minute sur différentes hauteurs de réservoirs. 422
Comparaison des dépenses de l'eau par une ouverture simple faite à un réservoir, & lorsqu'on y applique un tuyau. 423

III. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures. 424
Premiére expérience. 425
Seconde expérience. ibid.
Régle pour la dépense des eaux jaillissantes. 425
Table des dépenses d'eau par différens ajutoirs ronds pendant une minute, sur la hauteur de 13 piés de réservoir. 426
Troisiéme expérience par deux ouvertures différentes en même tems. ibid.
Quatriéme expérience de la même chose. 427
Trois causes qui peuvent faire que les grandes ouvertures donnent ordinairement plus que les petites. ibid.
Cinq expériences sur ce sujet. 428, 429
Deux causes qui diminuënt la raison sous-doublée, & deux qui l'augmentent. ibid.
En quelle proportion se vuide un vaisseau par un trou qui est au fond. 430
Il sort deux fois autant d'eau d'un vaisseau entretenu toujours plein dans le même tems, que s'il se vuidoit sans y rien ajouter. 430
Observation sur le fait précédent. ibid.
Pour juger du tems dans lequel un vaisseau se vuide. 432
Problême, de la forme d'un vaisseau dont l'eau s'écoulant descend en tems égaux par des intervalles égaux. ibid.
Régle de l'écoulement de l'eau de deux tuyaux inégaux par des ouvertures égales. 433
Question sur l'écoulement de l'eau de deux tuyaux d'égal diamétre & de hauteurs inégales. 434

IV. DISCOURS.

De la mesure des eaux courantes dans un aqueduc ou dans une riviére. ibid.
Méthode pour cette mesure avec des exemples, & le calcul de l'eau de la riviére de Seine. ibid.

QUATRIÉME PARTIE.

De la hauteur des jets.

I. DISCOURS.

De la hauteur des jets perpendiculaires. 436
Premiére Régle avec des expériences. 437
Seconde Régle pour la diminution des jets à l'égard des réservoirs, avec exemple. ibid.
Table de cette diminution depuis 5 piés de hauteur jusqu'à cent. 439
Expériences pour la confirmation de cette régle. 441

Ex-

Expérience d'un cas particulier quand l'eau du réservoir ne fournit pas assez par le jet. 442
Expérience par un syphon recourbé. 443
Expérience de l'eau chargée de mercure par la hauteur des jets. ibid.
Confirmation par l'expérience des poids attachez au corps d'une seringue. 444
Expérience de la hauteur des jets par la compression de l'air. ibid.
L'impulsion est arrêtée par le frottement dans un petit tuyau attaché à un grand. 445
Machine pour pousser de l'eau fort loin. ibid.
Machine de Héron *par la compression de l'air.* 446
Expérience sur la netteté & beauté des jets d'eau, & comme on doit faire & disposer les ajutages. 446
L'eau qui s'écoule par un trou en tombant de haut en bas, se reduit enfin en goutes. 447
La dépense de l'eau se régle selon la vitesse du jet à la sortie de l'ajutage, & non pas sur sa hauteur. 448
Régles pour la diminution d'un jet si l'on prend une partie de l'eau qui le fournit. ibid.
Expérience pour prouver que les trop grandes hauteurs des réservoirs ne peuvent servir de rien. 449

II. DISCOURS.

Des jets obliques & de leurs amplitudes. 451
Problême. Etant donné la hauteur médiocre du réservoir, & l'obliquité du jet, trouver son amplitude, ibid.
Remarque sur les jets de mercure. 453
Expérience pour prouver que les matiéres les plus pesantes décrivent de plus grandes paraboles. ibid.
Pour trouver les amplitudes des jets horizontaux. ibid.
Pour trouver la hauteur de l'eau dans un réservoir ou un tuyau, par l'amplitude d'un jet horizontal, qui sort d'une ouverture du tuyau. 454

CINQUIÉME PARTIE.

De la conduite des eaux, & de la résistance des tuyaux.

I. DISCOURS.

Des tuyaux de conduite. 454
Plusieurs remarques sur la grosseur des tuyaux de conduite suivant les jets qu'ils fournissent, pour différentes hauteurs. 455
Expériences contre les ajutages en tuyau ou cône, & pour ceux en platine. ibid.
Observations pour régler la largeur des tuyaux de conduite suivant la hauteur des réservoirs & la grandeur des ajutages. 456
Régle tirée des observations précédentes. 457
Exemple de cette régle. ibid.
Remarques particuliéres sur quelques tuyaux de conduite qui sont à Chantilli. ibid.
De la soudivision des tuyaux de conduite avec exemple. 458

II. DISCOURS.

De la force des tuyaux de conduite, & de la résistance des solides. 460

De la résistance absoluë des solides. 460, 461
Refutation, de la proposition de Galilée *pour la résistance des solides.* ibid.
Expériences qui confirment la régle démontrée de la résistance des solides. 462
Solution de quelques objections. 463
Expérience de l'alongement d'un fil de verre. 465, 466
Expériences de la résistance des solides. ibid.
Théorême d'un cas de la résistance des solides avec sa démonstration. 467, 468
Régle pour la résistance des solides qui sont souples, avec des expériences. 469
Expérience du fil tourné en vis pour l'alongement des corps souples. ibid.
Expériences sur la résistance des tuyaux. 471
Premiere Régle pour la résistance des tuyaux. 473
Seconde Régle. ibid.

III. DISCOURS.

De la distribution des eaux. 474
Pour la distribution d'une source en plusieurs endroits d'une ville ou à plusieurs particuliers. ibid.
Des ouvertures pour nettoyer les tuyaux, & des ventouses. 476

F I N.

RÉGLES
POUR LES
JETS D'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Royale des Sciences.

AVERTISSEMENT.

C*Es Régles des Jets d'eau de Mr.* Mariotte *sont tirées en partie de son Traité du* Mouvement des Eaux, *& étoient un Extrait pour l'usage, avec quelques remarques particuliéres qu'il avoit faites dans le dessein de les présenter à Mr.* de Louvois, *comme on le voit à la fin de la Préface du Recueil de* Divers Ouvrages de Mathématique & de Physique par Mrs. de L'Academie Royale des Sciences imprimé à Paris 1693. in folio. *C'est sur l'Edition qu'on en trouve dans ledit Recueil, où on les avoit jugé dignes d'être insérées, que je les ai fait imprimer ici, pour donner un volume complet de tout ce qui a paru de notre Auteur.*

RÉGLES POUR LES JETS D'EAU.

DE LA DEPENSE DE L'EAU QUI SE FAIT PAR DIFFERENS AJUTAGES, SELON LES DIVERSES ELEVATIONS DES RESERVOIRS.

Un pié cube d'eau péſe 70 livres, & contient 36 pintes méſure de *Paris* lorſqu'elles ſont meſurées juſte: Mais, ſi l'eau paſſe les bords de la meſure, comme il ſe peut faire ſans qu'elle ſe répande, la pinte d'eau péſera alors 2 livres, & 35 feront le pié cube. Le Muid de *Paris* contient 280 de ces derniéres pintes, & 288 des autres.

Un pouce d'eau eſt l'eau qui coule par une ouverture circulaire d'un pouce de diamétre poſée verticalement en un des côtez d'un baquet, lorſque la ſurface de l'eau qui fournit à l'écoulement, demeure toujours au deſſus de l'ouverture à la diſtance d'une ligne, c'eſt à dire à 7 lignes au deſſus de ſon centre, ſans s'élever plus haut, ni s'abaiſſer au deſſous. Il paſſe en une minute de tems par cette ouverture 28 livres d'eau en 14 pintes peſant chacune deux livres.

Il eſt vrai qu'à l'endroit de l'ouverture & immédiatement au deſſus, l'eau eſt plus baſſe qu'au reſte du baquet, où elle doit être élevée d'une ligne plus haut; car ſi elle n'étoit qu'à la même hauteur, l'extrémité de la ſurface de l'eau ne paſſeroit pas le bord ſupérieur de l'ouverture en coulant, & elle ne donneroit alors en une minute qu'environ 13 pintes & $\frac{1}{8}$.

Si l'on veut ſavoir ce que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme d'un demi pouce de diamétre, ou d'un quart de pouce; il les faut placer enſorte que leurs centres ſoient à 7 lignes de la ſurface de l'eau qui eſt au deſſus du trou d'un pouce, laquelle eſt marquée par la ligne FF, comme on le voit dans la 1[e]. figure, où les centres A B C D des différentes ouvertures ſont tous dans une ligne parallele à FF, & non pas comme dans la ſeconde, où leurs bords ſupérieurs ſont à égales diſtances de la même ligne FF. Or, ſi l'ouverture B eſt de 6 lignes de diamétre, ſa ſurface ne ſera que le quart de celle d'un pouce, & elle ne devroit donner que le quart de 14 pintes dans le

TAB. XXI. Fig. 1. 2.

le même tems d'une minute ; & cependant elle donne le quart de 15 pintes, quoique toute la surface de l'eau du baquet ne soit pas plus haute qu'une ligne au dessus de l'ouverture d'un pouce, ce qui provient de plusieurs causes qui sont expliquées dans mon Traité du *Mouvement des eaux*. La principale est, que l'eau ne baisse pas sensiblement au dessus de ces petits trous, & qu'elle y est de même qu'au reste de la surface: au lieu qu'à l'ouverture d'un pouce, pour faire que le centre soit à 7 lignes au dessous il faut que le reste de la superficie de l'eau soit environ à 8 lignes au dessus de ce centre ; car il faut 4 fois autant d'eau pour fournir à l'écoulement de l'ouverture de 12 lignes, qu'à celle de 6 lignes. D'où il arrive que l'eau qui doit succeder à celle qui passe par la grande ouverture, vient de plus loin, & par conséquent elle ne succéde pas avec tant de facilité, & même il n'y en a qu'à une ligne au dessus, au lieu qu'il y en a quatre lignes au dessus de la petite ouverture, ce qui facilite la succession de son écoulement. D'ailleurs, les expériences exactes de ces écoulemens sont très-difficiles à faire, & l'on se peut tromper dans la grandeur des ouvertures, dans la hauteur de l'eau du réservoir, & dans le tems de l'écoulement. De plus, les jets d'eau qui jaillissent horizontalement donnent un peu plus d'eau que ceux qui vont de bas en haut, & un peu moins que ceux qui coulent de haut en bas.

Pour bien déterminer un pouce d'eau, & faciliter les différens calculs selon les différentes ouvertures & dispositions des ajutages, on peut supposer qu'un pouce d'eau donne 14 pintes ou 28 livres d'eau en une minute: & c'est sur ce pié que j'ai fait les calculs suivans.

Si on a un pendule de 3 piés 8 lignes & demi depuis le point de suspension jusques au centre de la petite balle, il fera une seconde à chaque battement, & une minute en 60 battemens.

Si l'on veut savoir sans jauge ce que donne d'eau une médiocre fontaine, il en faut recevoir l'eau dans quelque grand vaisseau ; & si en une demi minute ou 30 secondes elle donne 7 pintes, on dira qu'elle donne un pouce d'eau ; si elle donne 21 pintes, qu'elle en donne 3 pouces, &c.

Suivant cette détermination, un pouce d'eau donnera 3 muids de *Paris* en une heure, & 72 en 24 heures. Une ligne est la 144^e. partie d'un pouce, & elle donne un demi muid en 24 heures ; deux ouvertures d'une ligne donneront un muid ; & une ouverture de 3 lignes de diamétre, qui font 9 lignes superficielles, donnera 4 muids & demi en 24 heures.

On a trouvé par plusieurs expériences, qu'un réservoir ayant 13 piés de hauteur au dessus de l'ouverture d'un ajutage de 3 lignes, donnoit un pouce d'eau, c'est à dire 14 pintes, en une minute, jaillissant de bas en haut. C'est ce qu'on prendra pour fondement de la dépense des autres jets d'eau.

Lorf-

Lorſque les réſervoirs ſont à même hauteur, & les ajutages différens, ils dépenſent de l'eau ſelon la proportion des ouvertures par où l'eau ſort, ou des quarrez de leurs diamétres. Ainſi, ſi un réſervoir de 12 piés a un ajutage de 6 lignes de diamétre, il donnera 4 pouces; & ſi ſon ouverture eſt d'un pouce de diamétre, le jet de bas en haut donnera 16 pouces, pourvû que les tuyaux qui portent l'eau ſoient d'une largeur ſuffiſante, ſelon les régles qui ſeront données ci-après. Pour calculer ces dépenſes d'eau, il faut prendre le quarré de 3, qui eſt 9; & ſi l'ajutage nouveau a 5 lignes de diamétre, il faut faire cette régle de trois: ſi 9, quarré de 3, donne 14 pintes, combien 25, quarré de 5? On trouvera que le 4e. nombre ſera 38 $\frac{8}{9}$, & ainſi des autres ajutages. En voici une Table.

Table des dépenſes d'eau pendant une minute par différens ajutages ronds, l'eau du réſervoir étant à 12 piés de hauteur.

Par l'ajutage d'une ligne de diamétre	1 pinte $\frac{1}{2}$ & $\frac{1}{18}$.
Par 2 lignes	6 pintes $\frac{2}{9}$.
Par 3 lignes	14 pintes.
Par 4 lignes	25 pintes à peu près.
Par 5 lignes	39 pintes à peu près.
Par 6 lignes	56 pintes.
Par 7 lignes	76 pintes $\frac{1}{4}$.
Par 8 lignes	110 pintes $\frac{2}{3}$.
Par 9 lignes	126 pintes.

Si on diviſe ces nombres par 14, le quotient donnera les pouces d'eau: ainſi 126 pintes diviſées par 14 font 9 pouces. On peut objecter, que dans quelques expériences, les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites; mais cela arrive par des cauſes étrangéres, & bien ſouvent les grandes ouvertures donnent moins à proportion. Voici les expériences que j'en ai faites. J'ai pris un tuyau de 6 piés de hauteur, & de 6 pouces de diamétre, au fond duquel j'ajuſtai une ouverture de 4 lignes, & une de 12: étant tout plein, on laiſſa aller en même tems les deux ajutages juſques à ce que le tuyau fut vuide à demi; on recevoit en deux vaiſſeaux différens l'eau qui couloit par les deux ouvertures; & au lieu que la grande devoit donner 9 fois autant que la petite, elle n'en donnoit que 8 à peu près.

Lorſque les hauteurs des eaux des réſervoirs ſont différentes, les plus hautes donnent plus que les moins hautes, ſelon la raiſon ſous-doublée des hauteurs, c'eſt à dire comme la moindre hauteur à la moyenne proportionnelle entre elle & la plus grande.

Suivant cette régle, ſi la ſurface de l'eau du réſervoir le moins haut eſt de 3 piés d'élévation, & l'ajutage de 3 lignes, il faut prendre 6 qui eſt le nombre moyen proportionel entre 3 & 12; & parce que 6 eſt à

3 com-

3 comme 14 pintes à 7, on jugera que le réſervoir de 3 piés d'élévation donnera un demi pouce, c'eſt à dire 7 pintes, en une minute par une ouverture de 3 lignes. Si la hauteur étoit de 4 piés, il faut prendre 48, produit de 4 par 12, dont la racine eſt 7 à peu près : & comme 12 à 7, ainſi 14 à 8 $\frac{1}{6}$; ce qui fera connoître que ce jet d'eau donnera 8 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute à fort peu près.

Table des dépenſes d'eau à différentes élévations de réſervoirs, ſur 3 lignes d'ajutages en une minute.

A 6 piés	10 pintes un peu moins.
A 8	11$\frac{1}{2}$ un peu moins.
A 9	12$\frac{1}{6}$ un peu moins.
A 10	12$\frac{5}{6}$ un peu moins.
A 12	14.
A 15	15$\frac{2}{3}$ un peu moins.
A 18	17$\frac{1}{6}$.
A 20	18$\frac{1}{12}$.
A 25	20$\frac{1}{6}$.
A 30	22$\frac{1}{6}$.
A 35	24 un peu moins.
A 40	25$\frac{2}{3}$.
A 45	27$\frac{1}{6}$.
A 48	2 pouces ou 28 pintes.

Lorſque les réſervoirs ont plus de 50 piés de hauteur, les ajutages de trois lignes ſont trop étroits, & la dépenſe de l'eau devient ſenſiblement moindre que ſelon la proportion ſous-doublée de 12 à 60 ou à 80 &c. tant à cauſe du plus grand frottement à proportion, que de la plus grande réſiſtance de l'air.

Lorſque par le défaut de largeur ſuffiſante des tuyaux de la conduite, ou par d'autres empêchemens, l'eau ne jaillit pas ſi haut qu'elle devroit; il faut calculer la dépenſe de l'eau ſelon la hauteur du réſervoir qui convient au jet, ſelon la table ſuivante: Comme, ſi un réſervoir de 45 piés ne faiſoit ſon jet qu'à 20 piés, il faudra faire le calcul de la dépenſe de l'eau, comme ſi le réſervoir étoit à 21 piés 4 pouces. Les ajutages d'une ligne & demi ne vont pas ſi haut que ceux de 4 ou 5 lignes, à une hauteur de réſervoir de 8, 10, ou 12 piés, &c. mais il ne faut pas laiſſer de calculer la dépenſe d'eau ſuivant la hauteur des réſervoirs, quand la conduite de l'eau eſt libre. Quelquefois, en faiſant des expériences, on trouve que les tuyaux étant fort inégaux, les plus grands donnent de l'eau en plus grande raiſon que la ſous-doublée. Mais cela procéde de ce que pour entretenir un jet qui dépenſe beaucoup d'eau, il faut verſer l'eau avec une grande viteſſe, ce qui choque l'eau du réſervoir, & lui donne une impulſion qui fait aller plus vîte l'eau à la

ſa ſortie de l'ajutage qu'elle ne feroit par le ſeul poids.

DE LA HAUTEUR DES JETS.

LA réſiſtance de l'air empêche que les jets ne s'élévent juſqu'à la hauteur des réſervoirs ; & plus il y a d'air à traverſer plus la différence eſt conſidérable. Voici une régle qu'on peut ſuivre pour ſavoir la diminution des jets juſqu'à la hauteur du réſervoir.

Ayez une balle de plomb d'un pouce de diamétre ou environ, & une balle de bois ayant ſon diamétre à peu près comme celui de l'ouverture, & dont la peſanteur ſoit fort peu moindre que celle de l'eau, en ſorte que nageant par deſſus elle ſoit preſque toute cachée : jettez les avec une même force en haut, de maniére que la balle de plomb aille juſqu'à la hauteur du Réſervoir, ou fort près ; remarquez juſqu'où ira la balle de bois, ce ſera la hauteur du jet à peu près.

L'autre régle par le calcul eſt que les différences des hauteurs des réſervoirs & des hauteurs des jets augmentent en raiſon doublée de leur hauteur, c'eſt à dire, en la proportion des quarrez de leur hauteur : comme, ſi le premier jet eſt de 5 piés & que ſon réſervoir ſoit plus haut d'un pouce, un jet de 10 piés aura ſon réſervoir plus haut de 4 pouces ; car 5 eſt à 10 comme 1 à 2, & le quarré de 2 eſt 4 : donc, comme 1 eſt à 4, ainſi 1 pouce à 4 pouces. On ſuppoſe que les tuyaux ſoient ſuffiſamment larges ſelon les régles qui en ſeront données.

Table des différentes hauteurs des jets.

Hauteurs des Jets.	*Hauteurs des Réſervoirs.*	
5 piés	5 piés	1 pouce.
10	10	4
15	15	9
20	21	4
25	22	1
30	33	0
35	39	1
40	45	4
45	51	9
50	58	4
55	65	1
60	72	0
65	79	1
70	86	4
75	93	9
80	101	4
85	109	1

Hauteurs des jets.	*Hauteurs des Réservoirs.*	
90 piés	117 piés	0 pouce
95	125	1
100	135	4

Le frottement contre les bords des ajutages diminuë un peu de cette proportion dans les grandes hauteurs : c'est pourquoi il est nécessaire qu'à ces grandes hauteurs les ajutages soient d'une ouverture de 10 ou 12 lignes, car s'ils étoient de deux ou 3 lignes, ils iroient beaucoup moins haut que selon cette table; outre que l'air résiste beaucoup plus à un petit corps qu'à un plus grand, comme on en voit l'exemple dans les armes à feu, qui poussent bien plus loin une grosse balle qu'une très-petite, comme de la menuë dragée ou de la poudre de plomb. Si un tuyau élevé de 136 piés éléve son jet à 100 piés, l'ajutage étant de 12 lignes; on ne doit pas tirer la même conséquence, qu'un tuyau de 344 piés, par un même ajutage, éléve son jet à 200 piés, quoique la hauteur de 344 piés excéde 200 piés, de 144 quadruple de 36 piés: dans la vitesse de ces jets l'air résiste si fortement, que l'eau se reduit par le choc en parcelles imperceptibles qui ne peuvent aller bien haut. J'ai expérimenté qu'il faut aussi que les tuyaux ayent une largeur considérable jusques à l'ajutage, & d'autant plus grande que l'ajutage est plus large. Voici les régles de ces grandeurs.

Un réservoir de 5 piés, ayant un ajutage de 6 lignes, doit avoir le tuyau le plus proche de l'ajutage, environ de 2 pouces. La meilleure figure pour la conduite des tuyaux jusques à l'ajutage doit être semblable à la troisiéme figure ABC: C'est à dire, que la courbure en B ne doit pas être en angles droits, comme en la 4e. figure *abcd*: & dans les médiocres hauteurs jusques à 10 ou 12 piés, il ne faut point de tuyau long à la sortie, comme *cd*, car le frottement retarderoit le jet très-considérablement; mais il suffit de l'épaisseur du métail comme en la premiére figure. Si le réservoir est de 21 piés 4 pouces de hauteur, & l'ouverture de l'ajutage de 6 lignes, le jet n'ira pas à 20 piés, si le tuyau de la conduite n'est que de 2 pouces, parce que le frottement sera trop grand dans le tuyau étroit, où l'eau coulera deux fois plus vîte que lorsque le réservoir n'est qu'à 5 piés de hauteur, & par conséquent il faut le tenir plus large, afin que l'eau y aille à peu près de même vitesse: il faut donc au lieu de 2 pouces, qu'il ait 2 pouces $\frac{3}{4}$ à peu près; parce que les vitesses étant en raison sous-doublée des hauteurs, la vitesse de ce dernier jet sera double de l'autre, & par conséquent le quarré du diamétre de la largeur de son tuyau doit être double de l'autre à peu près. C'est sur cette régle qu'est fondée la table suivante.

*TAB. XXI. Fig. 3. 4.

Table des Largeurs des tuyaux & des différens ajutages selon la hauteur des réservoirs.

Hauteur des Réservoirs.	*Largeur des Ajutages.*	*Largeur des tuyaux.*
A 5 piés	3, ou 4, ou 5, ou 6 lignes.	22 lignes.
A 10	4 5 6 lignes	25 lignes.
A 15	5 6 lignes	2 pouces $\frac{1}{4}$.
A 20	6 lignes	2 p. $\frac{1}{2}$.
A 25	6	2 p. $\frac{3}{4}$.
A 30	6	3 p.
A 40	7 8 lignes	4 p. $\frac{1}{4}$.
A 50	8 10 lignes	5 p. $\frac{1}{2}$.
A 60	10 12 lignes	5 $\frac{3}{4}$ ou 6 pouces.
A 80	12 14 lignes	6 p. $\frac{1}{2}$ ou 7.
A100	12 14 15	7 p. ou 8.

Si le jet de l'eau a 12 lignes d'ajutage, & que le réservoir soit à 84 piés de hauteur; le jet sera de 65 piés à peu près. Si les moindres tuyaux près de l'ajutage sont de 7 ou 8 pouces, il donnera 40 pouces à peu près; & par un ajutage de 14 lignes il donnera 54 pouces, qui font 3888 muids en 24 heures: & si le réservoir a 50 piés en quarré, il faudra qu'il ait environ 13 piés de hauteur, afin qu'il puisse fournir le jet 24 heures; & pour l'entretenir seulement 12 heures, il suffira qu'il ait 50 piés en quarré & 10 piés de hauteur pour contenir 1944 muids. Si les jets d'eau ne vont pas continuellement, & qu'on mette des robinets dans les tuyaux de la conduite, pour arrêter le cours de l'eau quand on veut, il faut que leurs ouvertures soient à peu près de la largeur des tuyaux; car si elles étoient beaucoup plus petites, elles diminueroient la hauteur du jet par le frottement. On peut tenir les tuyaux plus larges en ces endroits, & ajuster les robinets en sorte que leurs ouvertures soient aussi larges que le reste des tuyaux.

Lorsque les réservoirs sont fort élevez, & les tuyaux du bas larges de 5 ou 6 pouces, ils sont en danger de se rompre par le poids de l'eau; & plus ils sont étroits, moins ils se rompent, si les tuyaux sont de même épaisseur. Voici les régles que l'on peut suivre. Supposé qu'un réservoir de 30 piés ne rompe ou ne dessoude point un tuyau de cuivre d'un quart de ligne d'épaisseur, & qu'étant de moindre épaisseur, comme d'un cinquiéme de ligne, il le puisse rompre: Lors qu'on élargira les tuyaux sans hausser le réservoir, il faut augmenter l'épaisseur selon la raison des diamétres: car d'un côté, le poids de l'eau est en raison doublée des diamétres; c'est pourquoi, si le diamétre est double, le poids de l'eau sera quadruple, & la circonférence soudée sera double, ce qui rend la résistance double. Donc il ne reste que la simple

 raison

raifon des diamétres, fi on fuppofe que l'eau par fon poids faffe féparer & détacher les parties du métail & de la foudure, comme les parties d'un bâton qu'on tireroit perpendiculairement: Ainfi, fi le tuyau eft de 6 pouces fur 30 piés de hauteur, il faut que le métail du tuyau ait une demi ligne d'épaiffeur; s'il eft d'un pié de largeur, il lui faudra donner une ligne.

Lorfque les réfervoirs font plus hauts, les largeurs des tuyaux demeurant les mêmes, il faut augmenter l'épaiffeur du métail à proportion des hauteurs: ainfi, à un réfervoir de 60 piés, le tuyau étant de 3 pouces de largeur, le même doit avoir une demi ligne d'épaiffeur; & à un de 120 piés, il doit avoir une ligne.

Si les tuyaux font plus hauts & plus larges, il faut confidérer les deux proportions. Ainfi, fi le tuyau a 60 piés de hauteur, & que fa largeur foit de 8 pouces, il faudra prendre une demi ligne à caufe de la hauteur de 60 piés; & à l'égard de la largeur, il faut faire cette régle de trois: comme trois pouces font à 8 pouces, ainfi une demi ligne à $\frac{4}{3}$; ce qui fera voir que le métail devra alors avoir une ligne & un tiers d'épaiffeur.

Si on fuppofe que les foudures foient plus difficiles à féparer, que les parties du métail, on peut confidérer la platine de la figure troifiéme, où eft l'ajutage comme la plus foible partie, & comme devant fe rompre en fon milieu ou proche des bords de la foudure: Et parce qu'une régle de bois appuyée par les deux bouts peut foutenir dans fon milieu un poids double de celui qu'elle foutiendroit fi elle étoit deux fois plus longue; & que fi le poids eft diftribué le long d'une régle en plufieurs petites parties égales, elle en peut foutenir, fans fe rompre, deux fois autant que fi tout le poids étoit au milieu: il s'enfuit que fi la platine étoit quarrée, & qu'elle pût être chargée d'une eau de 20 piés de hauteur fans qu'elle fe rompit; elle ne pourroit foutenir que la moitié du même poids, fi elle étoit deux fois auffi longue fans augmenter fa largeur: mais alors elle feroit chargée de deux fois autant d'eau, & par conféquent elle n'en pourroit foutenir que le quart: donc, felon la doctrine de *Galilée*, il faudroit doubler fon épaiffeur pour la rendre affez forte. La même chofe arriveroit fi elle étoit quarrée; car d'un côté, le poids de l'eau feroit doublé, mais fa réfiftance feroit auffi doublée: & étant ronde, elle réfifteroit auffi à proportion.

Donc, aux tuyaux dont les diamétres font différens, & les hauteurs égales, il faut augmenter l'épaiffeur du métail de la platine où eft l'ajutage felon la raifon des diamétres, fi la platine eft la plus foible partie.

Lorfque les conduites des eaux font fort longues, comme de 1000 toifes, le long frottement diminuë la hauteur des jets & la dépenfe de l'eau, principalement fi les tuyaux font trop étroits. Voici les régles qu'on peut fuivre.

Si vous avez un réfervoir de 80 piés, & de l'eau fuffifante pour faire

fix

fix jets de 9 lignes chacun, il faudra prendre le quarré de 9, qui eft 81: fon produit par 6 donne 486, dont la racine quarrée eft environ 22: ce qui fait connoître que les fix jets de 9 lignes de diamétre donnent autant qu'un feul de 22 lignes. Et parce qu'un jet de 22 lignes de diamétre donne beaucoup plus que celui d'un pouce ; favoir, en la proportion de 484 à 144, quarrez de 22 & de 12 : il faut auffi que la largeur du tuyau foit en la même proportion à l'égard des 7 pouces qui conviennent à la hauteur de 80 piés. Donc, comme 12 à 22, ainfi 7 à $12\frac{5}{6}$ à peu près : ce qui fera voir que le grand tuyau jufques aux diftributions, doit avoir 13 pouces de largeur, & chaque tuyau des fix diftributions 7 pouces ; & en ce cas le jet ira à plus de 60 piés, & fi on donne 14 pouces de largeur au grand tuyau, le jet ira à 65 piés, nonobftant le long chemin de la conduite. On fera les autres calculs fuivant ces régles.

Dans les jets fort hauts & fort gros, il faut difpofer les derniers tuyaux & leurs ajutages à peu près felon la figure 5[e]. A B C D: Car, fuppofé que le tuyau A B C ait 7 pouces de largeur, il faudra le retreffir de moitié, & donner à F D 3 ou 4 pouces de hauteur, & faire un fecond retréciffement jufques à la largeur de l'ajutage : & fi fon ouverture eft d'un pouce de largeur, & qu'il doive jaillir à 50 ou 60 piés, il fuffira que la hauteur de l'ajutage foit de 6 lignes à angles droits pour diriger le jet ; & s'il n'alloit qu'a 50 piés, il fuffiroit qu'il fut de 3 ou 4 lignes: car plus D E fera haut, plus la hauteur du jet diminuera & plus l'ajutage fera poli, plus le jet fera beau. TAB. XXI. Fig. 5.

Pour partager l'eau en divers jets & favoir combien on en donnera à chacun, ce qui peut auffi fervir à la diftribution qu'on fait à plufieurs particuliers, de l'eau d'une fource ; il faut avoir une jauge, dont les ouvertures foient quarrées & non rondes : Comme, fi A B en la figure 6[e]. eft le haut du vaiffeau qui fert de jauge, & C D la hauteur de l'eau ; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au deffous de la furface C D, felon une ligne droite horizontale E N. Or fi on la divife en plufiers quarrez d'un pouce de hauteur, comme E F P H, ils donneront plus d'un pouce : car, fi les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui fera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 eft à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes ; car 11 eft à 14 comme 14 pintes à $17\frac{9}{11}$. Il faudra donc divifer E F en 14 parties égales ; & fi E R contient 11 de ces parties, le quarré long E R S H fera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'eft à dire 14 pintes, en une minute, fi l'eau du baquet qui fert de jauge demeure à la hauteur C D. On fera plufieurs figures de fuite égales à E R S H fous la même ligne, comme R L T S, L M V T, &c. Si on veut donner un demi pouce, il faudra divifer TAB. XXI. Fig. 6.

un de ſes quarrez longs, comme *zrog*, par la moitié par la ligne XY; & elle donnera un demi pouce, c'eſt à dire 7 pintes en une minute, & en toutes les autres diviſions de même, en prenant le tiers comme *ikaq*, ou le quart, &c. Il y aura encore cet avantage, que ſi les eaux qui fourniſſent l'écoulement diminuent, & qu'en coulant elles ne rempliſſent que le tiers, ou la moitié, ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les particuliers perdront à proportion, ce qu'on ne peut faire quand les trous ſont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement, à proportion, dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela ſera récompenſé, en ce que l'eau ſuccéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand. Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entiéres, égales chacune à ERSH, comme EMVH, pour 3 pouces.

Ces Régles peuvent ſervir à toutes les autres difficultez qu'on pourra avoir touchant les jets d'eau. Comme, ſi on a un réſervoir ou une ſource élevée de 40 piés au deſſus de l'ajutage qui puiſſe fournir 20 pouces, & qu'on la veuille toute employer en un ſeul jet, il faudra regarder la Table, & on trouvera qu'un ajutage de 3 lignes, ayant ſon réſervoir à 40 piés, donne 25 pintes $\frac{2}{3}$ en une minute : Enſuite on fera cette régle de trois, ſi 25 pintes $\frac{2}{3}$ me viennent de 9 quarré de 3, que me donneront 280 pintes que 20 pouces donnent en une minute ? on trouvera 98 $\frac{2}{11}$ pour le quotient, dont la racine quarrée eſt 10 à peu près; ce qui fera connoître que l'ajutage doit être de 10 lignes de diamétre à fort peu près, & que ce jet, qui s'élévera environ à 35 piés, employera les 20 pouces coulant continuellement. Mais, ſi on ſe contente que le jet aille ſeulement le jour 12 heures de ſuite, on pourra laiſſer remplir pendant la nuit un grand réſervoir qui contienne 720 muids, & on aura aſſez d'eau pour un jet de 14 lignes, ou pour deux d'environ 10 lignes, chacun pour 12 heures de ſuite.

F I N.

NOUVELLE DECOUVERTE
TOUCHANT
LA VUË,

contenuë en plusieurs Lettres
écrites

Par Messrs. MARIOTTE, PECQUET & PERRAULT;

de l'Académie Royale des Sciences.

Nouvelle Edition, revûë & corrigée.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A
MONSIEUR PECQUET.

MONSIEUR,

Pour ce qui est de mon Observation touchant le défaut de Vision, qui arrive quand la Peinture d'un Objet tombe justement sur le Nerf-optique ; je vous dirai qu'il y a long-tems que la curiosité de savoir si la Vision étoit plus ou moins forte à l'endroit du Nerf-optique, me fit faire une remarque curieuse, à laquelle je ne m'attendois pas. Je tenois pour certain que la Vision se faisoit par la reception des Rayons qui font la Peinture des Objets au fonds de l'Oeil, & que cette Peinture étoit dans une situation renversée & opposée à celle des Objets qu'elle représente. J'avois d'ailleurs souvent observé par l'Anatomie tant des Hommes que des Animaux, que jamais le Nerf-optique ne répond justement au milieu du fonds de l'Oeil, c'est à dire, à l'endroit où se fait la Peinture des Objets qu'on regarde directement ; & que dans l'Homme il est un peu plus haut, & à côté tirant vers le Nez. Pour faire donc tomber les Rayons d'un Objet sur le Nerf-optique de mon Oeil, & éprouver ce qui en arriveroit, j'attachai sur un fonds obscur, environ à la hauteur de mes yeux, un petit rond de papier blanc, pour me servir de point de Vûë fixe ; & cependant j'en fis tenir un autre à côté vers ma droite, à la distance d'environ deux piés, mais un peu plus bas que le premier, afin qu'il pût donner sur le Nerf-optique de mon Oeil droit, pendant que je tiendrois le gauche fermé. Je me plaçai vis-à-vis du premier papier, & m'en éloignai peu-à-peu, tenant toujours mon Oeil droit arrêté dessus ; & lors que je fus à la distance d'environ neuf piés, le second papier, qui étoit grand de près de quatre pouces, me disparut entiérement. Cependant je ne pouvois pas attribuer cela à l'obliquité de cét Objet, d'autant que je remarquois d'au-

tres objets qui étoient encore plus à côté ; de ſorte que j'euſſe pû croire, qu'on me l'avoit ſubtilement ôté, ſi je ne l'euſſe retrouvé en remüant tant ſoit peu mon Oeil. Mais auſſi-tôt que je venois à regarder fixement mon premier papier, cét autre qui étoit à droit, diſparoiſſoit à l'inſtant ; & pour le retrouver ſans remuër l'Oeil, il falloit un peu changer de place. Je fis enſuite la même expérience en d'autres diſtances, éloignant ou approchant les papiers l'un de l'autre à proportion. Je la fis encore avec l'Oeil gauche, en tenant le droit fermé, après avoir fait porter le papier à la gauche de mon point de vuë: de ſorte que par la ſituation des parties de l'Oeil, il n'y a pas lieu de douter que ce ne ſoit ſur le Nerf-optique que ſe fait ce défaut de Viſion. Et c'eſt une choſe très-ſurprenante, que lorſque par cette maniére on perd de vuë un rond de papier noir attaché ſur un fonds blanc, on n'apperçoit aucun ombrage ou obſcurité à l'endroit où eſt le papier noir ; mais le fonds paroît blanc en toute ſon étenduë.

Je communiquai la découverte de ce défaut de Viſion à pluſieurs de mes amis, à qui la même choſe arriva, mais non pas toujours ſi préciſément à même diſtance ; & j'attribuai cette diverſité à la différente ſituation de leur Nerf-optique. Le R. P. de Billy fut un des premiers à qui je fis part de cette Expérience. Vous l'avez faite vous même dans la Bibliothéque du Roi, où je la fis voir à Meſſieurs de votre Aſſemblée ; & vous remarquâtes comme moi cette diverſité, y en ayant eu quelques-uns, qui dans les diſtances que j'ai dites, perdirent de vuë un papier grand de huit pouces, & d'autres qui ne ceſſérent de le voir, que lors qu'il fut un peu plus petit : ce qui ne peut venir que des différentes groſſeurs du Nerf-optique en différens Yeux.

Cette Expérience ainſi confirmée m'a depuis donné lieu de douter que la Viſion ſe fit dans la Retine comme je l'avois cru ſuivant l'opinion la plus commune, & m'a fait conjecturer, que c'étoit plutôt dans cette autre membrane qu'on voit au fond de l'Oeil au travers de la Retine, & qu'on appelle Choroïde. Car ſi c'étoit dans la Retine, il ſemble que la Viſion ſe devroit faire par tout où cette Retine ſe rencontre ; & comme elle couvre tout le Nerf, auſſi bien que le reſte du fond de l'Oeil, il n'y auroit pas de raiſon pourquoi il ne ſe feroit point de Viſion à l'endroit du Nerf-optique où elle eſt : Au contraire, ſi c'eſt dans la Choroïde, on verra clairement que la raiſon pour laquelle la Viſion ne ſe fait point à l'endroit du Nerf-optique, eſt parce que cette membrane part des bords de ce Nerf, & n'en couvre point le milieu, comme elle fait le reſte du fond de l'Oeil.

Vous ſavez les autres raiſons que j'ai déduites dans un Ecrit, que j'ai laiſſé dans votre Aſſemblée, & que vous pouvez revoir, leſquelles me font conclure plutôt en faveur de la Choroïde, que de la Retine. Vous me ferez plaiſir de m'en dire librement votre ſentiment, comme n'étant pas de ceux qui veulent donner des conjectures pour des démonſtra-

ſtrations. Je continuë à faire des recherches ſur cette matiére ; ſi je rencontre quelque choſe digne de vous, je vous le ferai ſavoir, &c.

A Dijon, ce 1668

REPONSE DE MONSIEUR PECQUET A LA LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai recû avec beaucoup de joie la Lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire au ſujet de votre Obſervation, touchant le défaut de Viſion qui arrive quand la Peinture d'un Objet tombe juſtement ſur le Nerf-optique. J'en ai fait part à nos Curieux, qui en ont été très-ſatisfaits. Chacun s'eſt étonné de voir que perſonne avant vous ne ſe ſoit apperçû de ce défaut de Viſion, que tout le monde expérimente depuis que vous en avez donné la connoiſſance : car lors que nous regardons une Etoile, nous en perdons ſouvent de vuë une autre qui eſt à côté, & nous perdons même la Lune toute entiére, qui nous diſparoîtroit encore, quand elle ſeroit de beaucoup plus grande qu'elle n'eſt. Le hazard fait quelquefois trouver ce qu'on ne cherchoit point ; je lui ſuis redevable de beaucoup de nouveautez. Mais ils y a peu de gens qui en trouvent, comme vous, en les cherchant : il faut avoir pour cela un génie comme le vôtre, & des yeux auſſi clair-voyans que vous en avez.

J'ai lû vos ſentimens touchant la Choroïde. J'ai examiné les raiſons qui vous portent à croire que cette Membrane eſt *le principal organe de la Viſion.* J'ai même relû l'Ecrit que vous laiſſâſtes, avant votre départ, en la Bibliothéque du Roi: & je n'ai rien trouvé qui m'ait paru aſſez convainquant pour abandonner le parti de la Retine. Et puis que vous voulez que je vous en diſe librement ma penſée, je vous prie de le recevoir, comme un effet de ma ſincérité, & du deſir que j'ai de rechercher la vérité.

Pour

Pour ôter à la Retine l'avantage qu'on lui donne ordinairement d'être le principal organe de la Vifion, vous dites dans votre Ecrit, *qu'elle eft tranfparente, & qu'elle ne reçoit que très-peu d'impreffion de la Lumiére, non plus que les corps diaphanes, tels que font l'Air & l'Eau: & qu'au contraire, les corps noirs & opaques, comme eft la Choroïde, font facilement échauffez par la Lumiére.*

Je demeure d'accord que la Retine a quelque tranfparence. On voit au travers de cette Membrane les couleurs de la Choroïde, quand elle lui eft contiguë: mais il n'y a point de comparaifon à faire avec l'Air ni avec l'Eau; la tranfparence de la Retine étant prefque femblable à celle du papier huilé, & un peu moindre que celle de la corne qui fert aux lanternes. Elle eft blanche, & fa blancheur la rend affez opaque pour arrêter les efpéces des Objets autant qu'il eft néceffaire pour la Vifion, qui ne fe pourroit pas faire affez diftinctement dans la Choroïde au travers de la Retine. Car s'il falloit que les efpéces paffaffent jufqu'à la Choroïde, l'opacité de la Retine feroit auffi nuifible à la Vifion, que s'il fe rencontroit une femblable opacité dans la Cornée, dans le Cryftallin, ou dans les autres humeurs de l'Oeil, que la Nature a fait diaphanes, pour laiffer paffer les efpéces jufqu'à l'organe de la Vuë.

Il eft aifé de remarquer l'opacité de la Retine. Il faut avoir un œil bien frais, couper doucement la Sclerotique & la Choroïde, les lever adroitement, & laiffer la Retine étenduë fur l'Humeur-vitrée; & alors on ne voit pas bien au travers de cette membrane. L'opacité de la Retine fe reconnoît encore, quand on la plonge dans l'eau, car elle s'y voit toute blanche, & prefque fans tranfparence.

La noirceur de la Choroïde, que vous jugez néceffaire pour la Vifion, ne fe rencontre pas également en toutes fortes d'yeux. On la trouve à la vérité aux yeux des hommes; mais le degré de noirceur y eft différent, fuivant la diverfité des individus. Il en eft de même des yeux des Oifeaux, & de quelques autres Animaux, où cette noirceur fe rencontre; mais aux yeux des Lions, des Chameaux, des Ours, des Bœufs, des Cerfs, des Brebis, des Chiens, des Chats, & de beaucoup d'autres Animaux, nous voyons fouvent des couleurs auffi vives que celles de la Nacre de Perle & de l'Iris, qui forment une maniére de tapis dans le fonds de la Choroïde, au lieu le plus expofé aux Rayons vifuels. Et quand nous ratiffons doucement ces couleurs avec un fcalpel, nous découvrons une fubftance blanche, dont cette partie eft enduite de telle forte, qu'elle ne peut permettre aux efpéces des Objets de paffer jufqu'au noir de la Choroïde, afin d'y faire l'impreffion que vous demandez pour y produire la Vifion: & il femble que ce noir n'a point d'ufage plus confidérable que celui d'empêcher que la Lumiére n'entre dans l'Oeil par un autre endroit que par le trou de l'Uvée antérieure, c'eft à dire par la Prunelle. Car fi cette noirceur n'étoit pas en la Choroïde, comme un rideau derriére toute la Sclerotique; la

Lumiére entreroit au travers de cette Sclerotique, comme au travers d'un parchemin, & allant jusqu'à fonds de l'œil effacer les espéces des Objets, empêcheroit par ce moyen la Vision de se faire.

Les Poissons ont aussi au fonds de la Choroïde une couleur fort éclatante, mais d'une autre sorte. Elle paroît comme font les brillans d'argenterie, ou le lustre des Perles Orientales.

Cette varieté de couleurs ne se rencontre point dans la Retine. Elle garde en toutes sorte d'yeux sa blancheur & son opacité; & c'est ce qui me persuade qu'elle est plus propre à la Vision que n'est la Choroïde: car l'uniformité & l'indifférence qu'elle a pour toutes les couleurs, lui donne la facilité de recevoir l'impression de leurs différences; ce que ne peut faire cette multitude de couleurs qui se trouve au fonds de la Choroïde, laquelle se mélant avec celles qui viennent des Objets, ne pourroit porter au sens de la Vuë qu'une trés-grande confusion.

Quand vous dites que les corps noirs reçoivent beaucoup plus d'impression de la Lumiére que les blancs; cela se doit entendre lors que cette lumiére est reçûë immédiatement sur un corps noir, & sans qu'il y ait aucun milieu qui puisse affoiblir ses rayons. Le papier noir exposé au foyer d'un Miroir ardant, est brûlé presqu'en un moment. Le blanc ne se brûle que difficilement, si la Lumiére n'y rencontre quelque noirceur, ou quelque ordure; & quand le Papier noir est appliqué derriére le blanc, il ne reçoit qu'une legére impression de chaleur qui ne le brûle pas. Mais il ne s'agit pas ici de cette impression de chaleur, ni de toutes les autres impressions que la Lumiére peut produire: il s'agit seulement de celle qui se fait en la représentation distincte des Objets, qui n'a pas besoin de chaleur, mais seulement d'une Lumiére moderée pour l'éclairer; ce qui ne se peut pas si bien faire sur la Choroïde, que sur la Retine qui fait obstacle à la Choroïde, & qui n'en a aucun devant elle, quand la Cornée & les humeurs de l'Oeil ne sont point alterées.

Vous ajoutez dans votre Ecrit, *Que la Retine ne pénétre point dans le Cerveau, comme fait la Choroïde, qui envelope le Nerf-optique au delà de l'Oeil, & l'accompagne jusqu'au milieu du Cerveau.*

Ce discours m'a un peu surpris: car la Retine, comme vous savez, prend son origine de toute l'extrémité du Nerf-optique qui aboutit au fonds de l'Oeil, de même qu'une fleur vient de toute l'extrémité de sa tige. Elle est composée de Filamens fort déliez, qui ne peuvent venir que de ceux du Nerf. Ces Filamens paroissent aisément dans l'eau, quand on y plonge cette Membrane; car ils sont plus opaques que l'eau & que la Tunique muqueuse dont ils sont envelopez, laquelle disparoît dans l'eau. Ce sont ces Filamens qui lui ont fait donner le nom de Retine, s'il en faut croire les Anatomistes. Elle a des Veines & des Artéres qui se glissent entre ces Filamens, & qui ne sont couvertes que de la Tunique muqueuse, qui les tient liées ensemble. Et d'autant que cette

cette Tunique muqueuse est transparente, elle n'empêche point de voir ces vaisseaux quand ils sont pleins de sang, comme s'ils n'étoient revêtus que de leur propre membrane.

De cette composition & de cette origine de la Retine, il est aisé de juger quelle continuité elle doit avoir avec le Cerveau; puisque par le moyen du Nerf-optique, dont on peut dire qu'elle est une production, elle tire sa premiére origine de la principale partie du Cerveau, qui est cette tuberosité qui fait le haut de la moëlle de l'Epine, d'où partent les principaux Nerfs qui servent à nos sens.

La Choroïde n'a pas cet avantage. Elle est composée à la vérité de la Pie-mére: & cette Pie-mére lui peut bien donner un sentiment de douleur, qui est commun à toutes les Membranes; mais non pas celui de la Vuë, qui demande une autre impression que celle qui fait la douleur. La Membrane que la Pie-mére donne à la Choroïde doit être diaphane, comme cette Pie-mére l'est au delà de l'Oeil, & dans le Cerveau; & elle doit par conséquent laisser passer les Rayons visuels jusqu'aux vaisseaux qui l'envelopent, & qui font la noirceur qu'on voit en la Choroïde à cause du sang qu'ils contiennent: Mais ces vaisseaux qui viennent du Cœur, n'ont aucune aptitude pour la vision, qui ne se peut faire sans communication avec le Cerveau. Ces vaisseaux prennent leur origine des Artéres Carotides & de la Jugulaire interne; & passant au travers de la Sclerotique, qu'ils percent en divers endroits, ils la tiennent attachée & comme cousuë avec la Choroïde, qu'ils rendent opaque, & qu'ils font ressembler au *Chorium*, ou au *Placenta* du *Fœtus*; d'où les Anatomistes lui ont donné le nom de Choroïde. Parmi ces Veines & ces Artéres il y a aussi quelques Filamens de Nerfs, qui viennent des Moteurs de l'Oeil; mais ils ne sont pas pour servir à la vision: de sorte que je ne vois encore rien dans la Choroïde, qui lui donne autant de communication avec le Cerveau, qu'en a la Retine, laquelle ne prend son origine que du Nerf-optique.

Vous jugez bien par ce discours, que je n'ai pas de peine à croire que la Choroïde est renduë opaque par les vaisseaux qui l'environnent; parce que ces vaisseaux sont au dedans de la Sclerotique, comme un rideau fort noir qui arrête la Lumiére, & l'empêche de passer jusqu'à cette Membrane déliée, qui fait ce que vous appellez Choroïde. Je ne nie pas non plus, que cette noirceur ne pût recevoir l'impression de la Lumiére, si la meilleure partie des espéces n'étoit arrêtée par l'opacité de la Retine, qui est suffisante pour retenir l'image des Objets; comme nous voyons qu'elle fait quand nous regardons dans un œil recent, au haut duquel on a fait ouverture, afin d'observer ce qui se passe au dedans. Car nous voyons au travers des Humeurs, que l'image des Objets se peint distinctement sur la surface antérieure de la Retine. Nous le voyons encore mieux, quand cette ouverture est faite au fond de l'Oeil à l'opposite de la prunelle, & qu'on a seulement laissé

la

la Retine étenduë sur les Humeurs: car cet Oeil étant appliqué au trou d'une chambre obscure, nous voyons les images des Objets arrêtées sur la Retine, comme nous les voyons sur un papier huilé. Et c'est ce qui m'a empêché jusqu'à présent d'abandonner son parti pour prendre celui de la Choroïde, jusqu'à ce que je sois convaincu par de meilleures raisons. Mais passons aux autres Argumens dont vous vous servez dans votre Ecrit.

Vous dites, *Qu'il est nécessaire, pour faire la vision distincte, que les Rayons qui viennent à l'Oeil de chaque point de l'Objet, s'unissent en un point sur l'Organe; & que la Retine étant épaisse d'une demi-ligne, si les Rayons s'unissent en sa surface contiguë à l'humeur vitrée, ils s'entrecouperont, & tomberont en divers points, sur son autre surface, laquelle est contiguë à la Choroïde; & s'ils s'unissent sur cette autre surface, ils auront passé par divers points de l'autre. Que s'ils s'unissent entre ces deux surfaces, au dedans de l'épaisseur de la Retine, ils tomberont en divers points sur les deux surfaces; & en toutes ces maniéres il se fera une Vision confuse: au lieu que la Choroïde étant fort déliée & opaque, elle peut recevoir en un point les Rayons d'un même point lumineux.*

Je conviens avec vous, *Qu'il est nécessaire pour faire la Vision distincte, que les Rayons qui viennent à l'Oeil de chaque point de l'Objet, s'unissent en un point sur l'Organe.* Mais vous devez aussi convenir avec moi, que ce point n'est pas un point Mathématique, mais un point Physique, qui a de la grandeur, & même une grandeur considerable, puisque dans la plus petite partie d'un Objet que nos yeux puissent voir, nous en découvrons beaucoup d'autres avec le Microscope, & nous pouvons dire alors, que nous voyons l'Objet beaucoup plus distinctement qu'auparavant, quoiqu'il ne nous parût aucunement confus. D'où il est évident, que si ce point tombe sur la Retine, il couvrira autant d'espace en la surface de cette Membrane, qu'il sera gros; & que s'il tombe dans l'épaisseur de la Retine, il occupera du moins toute cette épaisseur, principalement dans l'Oeil de l'homme, où la Retine n'est gueres plus épaisse qu'une feuille de papier commun, dont il faut près de vingt épaisseurs pour faire une ligne. Car quand vous dites que la Retine *est épaisse d'une demi-ligne*, je ne pense pas que vous entendiez parler de celle des Yeux de l'homme; & je ne sçai pas même en quels Animaux elle a tant d'épaisseur, puisque les Bœufs, les Chevaux, les Cerfs, les Lions, les Ours, les Sangliers, les Pourceaux, les Brebis, les Chiens, & les autres grands Animaux, qui sont venus jusqu'à présent à ma connoissance, n'ont pas la Retine plus épaisse que trois ou quatre feuilles de papier, qui ne font pas un quart de ligne. Ainsi je ne voi pas que tout votre Discours puisse jusques ici donner atteinte à l'opinion de ceux qui tiennent que la Retine est le principal Organe de la Vuë.

Mais quand je vous accorderois que la Retine auroit autant d'épais-

ſeur que vous lui en donnez ; cette épaiſſeur ne ſerviroit qu'à la rendre plus blanche & plus opaque, & à laiſſer paſſer moins de Rayons juſqu'à la Choroïde, qui deviendroit par ce moyen, moins propre à être l'organe de la Vuë.

Vous ajoutez, *Que la Choroïde étant fort déliée & opaque, elle peut recevoir en un point les Rayons d'un même point lumineux.* Je n'en douterois nullement, quand même elle ſeroit fort épaiſſe, ſi la Retine, qui a beaucoup d'opacité, ne lui faiſoit point d'obſtacle : mais je ſuis convaincu que cette opacité de la Retine peut arrêter l'image des objets, & les empêcher de paſſer, ſi ce n'eſt peut-être très-foiblement, juſqu'à la Choroïde ; & je ne puis m'en départir que vous n'ayez démontré le contraire. Mais venons au plus fort de vos Raiſonnemens, qui eſt fondé ſur le défaut de viſion, qui arrive en l'expérience que vous nous avez fait voir.

Il s'enſuit, dites-vous, *de cette expérience, que puiſque la viſion ſe fait par tout où eſt la Choroïde, & qu'il ne ſe fait point de viſion où la Choroïde n'eſt pas, quoique la Retine y ſoit, cette Choroïde eſt le principal organe de la viſion, & non pas la Retine.*

Je ſai que la Choroïde n'eſt point étenduë ſur l'extrémité du Nerf-optique. Elle eſt percée au fonds de l'Oeil pour y laiſſer entrer ce Nerf, afin de donner la naiſſance à la Retine, qui n'eſt qu'un épanchement des Filamens qui lui viennent du Nerf, envelopez d'une membrane muqueuſe, laquelle eſt arroſée par des vaiſſeaux qui lui viennent auſſi du même Nerf ou de ſa circonférence.

Je conçois au ſortir du Nerf, l'épanchement de ces Filamens, comme celui des Fibres qui ſortent de la tige d'une plante, & s'étendent de toutes parts pour former une fleur au bout de cette tige : & je conçois au milieu de l'épanchement de ces Filamens, un point qui doit être le centre de cet épanchement ; de même qu'au milieu d'une houpe à poudrer qui eſt renverſée, & dont les fils ſont épars de tous côtez, il y a un point qui eſt le centre de tous ces fils.

Cet épanchement des Filamens qui compoſent la Retine, ſe peut concevoir en deux maniéres. La premiére eſt en s'imaginant que tous les Filamens qui ſont les plus proches du centre du Nerf-optique, vont aboutir préciſément à ſa circonférence, après l'avoir également couverte en s'épanchant de tous côtez, ſans qu'aucun de ces Filamens aboutiſſe dans l'étenduë du Nerf, avant que d'être arrivé à ſa circonférence ; & que les autres Filamens du Nerf-optique vont aboutir plus loin dans toute l'étenduë de la Retine, à proportion qu'ils ſont éloignez du centre du Nerf, quand ils en ſortent ; & qu'ainſi toute la ſurface interne de la Retine eſt compoſée de l'aboutiſſement de tous ces Filamens, à la réſerve de l'étenduë de cette extrémité du Nerf où n'aboutit aucun Filament. Cela étant conçû de la ſorte, ſi l'on ſuppoſe, comme font quelques-uns de nos Philoſophes modernes, que la viſion

ne ſe fait que lorſque les Rayons viſuels tombent ſur l'extrémité de quelqu'un de ces Filamens ; on pourra rendre raiſon de votre expérience. Car toute l'étenduë de cette extrémité du Nerf n'ayant aucun aboutiſſement des Filamens depuis ſon centre juſqu'à ſa circonférence, ne recevra l'impreſſion des Rayons viſuels néceſſaire à la Viſion, que ſur cette circonférence : ce qui ſera cauſe qu'on ne verra point l'objet dont les eſpéces tomberont au dedans de la même circonférence. Mais d'autant que cét aboutiſſement des Filamens de la Retine eſt peut-être un effet de l'imagination auſſi-tôt que de la Nature, n'y ayant pas trop de raiſon de ne faire aboutir aucun Filament entre le centre du Nerf & ſa circonférence, & mêmes dans le milieu du centre ; je ne voi pas aſſez de certitude en cette opinion, pour être obligé de la ſuivre.

L'autre maniére de concevoir l'épanchement des Filamens de la Retine, eſt de ſe les imaginer allans tous aboutir aux extrémitez de cette tunique, comme font les fibres de la Plante aux extrémitez de ſa Fleur, ou comme les fils d'une houpe renverſée, aux extrémitez de l'étenduë de cette houpe : auquel cas il faut de néceſſité qu'on s'imagine au milieu de ces Filamens un point d'où ils commencent de s'écarter, & qu'on y conçoive quelque profondeur ſemblable à celle qu'on voit au milieu de la houpe. Et ſi l'on conſidére de quelle façon les Rayons viſuels tombent à l'endroit de ce point & aux environs, lors qu'on fait votre expérience ; on trouvera qu'ils y tombent d'une autre maniére qu'aux endroits de ces mêmes Filamens où la Viſion ſe fait. Car ceux-ci ſont frapez directement, & ceux qui ſont aux environs du point à l'endroit le plus profond, ne ſont point du tout frapez, ou ils le ſont ſi obliquement, que cela pourroit cauſer le défaut de Viſion, principalement quand l'objet n'eſt pas trop lumineux ; car ceux qui le ſont, comme eſt une chandelle lorſqu'on la voit éloignée de quatre ou cinq pas, ne ſe perdent pas ſi abſolument qu'on n'en apperçoive la lumiére.

Mais il y a encore à l'endroit du Nerf-optique une choſe, qui pourroit bien cauſer cette perte d'Objet. Ce ſont les vaiſſeaux de la Retine, dont les troncs ſont aſſez gros pour faire obſtacle à la Viſion.

Ces vaiſſeaux, qui ne ſont que des rameaux de Veines & d'Artéres, tirent leur origine du Cœur ; & n'ayant point de communication avec le Cerveau, n'y peuvent pas porter les eſpéces des Objets. Si donc les Rayons viſuëls qui partent d'un Objet, tombent ſur ces vaiſſeaux à l'endroit de leur tronc ; il eſt conſtant que l'impreſſion qu'ils y feront ne produira point de Viſion, & que la peinture de cét Objet y ſera défectueuſe, comme il arrive ſur le papier blanc dans une chambre obſcure, quand il y a en ce papier quelque tache noire ou quelque trou d'une grandeur conſidérable ; car plus cette noirceur ou ce trou ſont ſenſibles, plus ils dérobent à nos yeux de l'image des Objets.

Il n'en eſt pas de même à l'égard des petits rameaux qui partent de ces

ces troncs, pour se répandre dans la Retine. Car quand ils se rencontreroient, comme il arrive souvent, à l'endroit du fond de l'Oeil où se fait la vision distincte, ils ne rendroient point l'image de l'Objet défectueuse, parce qu'ils sont si petits, qu'ils ne sont pas sensibles. C'est ainsi que dans nos miroirs, quand ils manquent de plomb ou d'étain en quelque endroit assez grand pour s'en appercevoir, l'image que nous y voyons paroît trouée : ce qui n'arrive pas quand il n'y a qu'un petit trou, comme pourroit être celui que feroit la pointe d'une aiguille.

Je sai bien que l'impression d'une image qui se fait dans l'Oeil sur la Retine, ou sur le papier blanc dans une chambre obscure, est bien différente de celle que nous voyons dans nos miroirs. Car l'image se peint sur la surface de la Retine & du papier, comme si c'étoit un véritable tableau qu'on voit toujours au même endroit, de quelque part qu'on le regarde: Mais l'image ne se peint point du tout sur la surface de nos Miroirs : elle se peint seulement dans nos yeux, & paroît aussi éloignée derriére la glace, que l'Objet qui envoye son image sur cette glace en est éloigné en effet. D'où il est aisé de juger que les Miroirs ne reçoivent point d'impression des Rayons visuels, d'autant que ces Rayons ne s'y arrêtent pas, mais seulement s'y refléchissent, & que l'objet ne s'y voit que par ces Rayons refléchis, qui en portent l'image dans les Yeux.

Ainsi toutes les fois que l'espéce d'un Objet tombera sur les troncs des vaisseaux de la Retine, elle s'y perdra sans doute, à proportion que ces troncs seront gros : & cette perte fera dans le total de l'image un deffaut, qui paroitra plus ou moins distant du papier que vous établissez pour le point fixe de votre expérience, suivant que ces troncs des vaisseaux seront plus ou moins éloignez de l'axe des Rayons, qui tombe au fonds de l'Oeil, à l'endroit où la Vision se fait le mieux; étant certain qu'en toutes sortes d'Yeux, ils ne sont pas toujours également distans de cét Axe : car souvent ces vaisseaux entrent dans la Retine par le centre du Nerf, quelquefois par la circonférence, & quelquefois aussi par l'espace qui est entre le centre & la circonférence. Et ce pourroit bien être la raison pour laquelle nous remarquons qu'il faut éloigner plus ou moins le papier qu'on perd de vuë, suivant la diversité des personnes qui font cette Expérience : car les uns perdent ce papier à la distance de deux piés, les autres à moins de deux piés, & les autres à une distance plus grande ; les uns le perdent un peu plus haut, & les autres un peu plus bas, selon que les troncs des vaisseaux sont situez à l'égard du Nerf-optique ; & les uns en perdent davantage que les autres, selon que les vaisseaux sont plus ou moins gros, car leur grosseur est aussi différente que les tempéramens des individus. Et parce qu'il est difficile de déterminer précisément le lieu où l'Objet se perd dans toutes sortes d'Yeux, nous avons sujet de croi-

re que cette perte ne se fait pas toujours sur l'étenduë du Nerf où est la Retine, mais qu'elle se fait quelquefois hors de cette étenduë où la Choroïde se trouve. Car les troncs des vaisseaux de la Retine sont assez gros & assez longs pour s'étendre au deça ou au delà du Nerf, & cacher par ce moyen quelque partie de la Choroïde, à proportion de leur grandeur; & en ce cas il sera vrai de dire que la vision ne se fait point en tous les endroits où la Choroïde se trouve, quoiqu'ils soient exposez à la Lumiére: ce qui pourroit bien donner une atteinte à votre opinion; car vous ne pouvez pas douter que ces troncs n'empêchent alors les espéces des Objets qui tomberont dessus, d'aller jusqu'à la Choroïde, & que l'image ne soit défectueuse en cét endroit, d'autant que ces espéces ne pourront faire impression sur l'organe de la Vision au travers de ces vaisseaux.

Voilà, Monsieur, les principales raisons de mes doutes touchant cét organe de la Vision. Je vous avouë que votre expérience m'auroit déja déterminé en faveur de la Choroïde, si ces vaisseaux de la Retine, & l'opacité de cette Membrane ne me tenoient encore en suspens. Car je ne puis quitter l'opinion commune, pour en embrasser une autre qui n'est point démontrée, & qui demeure problématique. J'espére que vous me donnerez de nouvelles lumiéres qui me convaincront facilement, ayant toute l'inclination possible de suivre vos sentimens, ausquels je déférerai toujours avec respect.

Une belle découverte comme la vôtre ne pouvoit pas manquer d'être bien-tôt confirmée: car comme le secret de votre Expérience est de faire que la peinture d'un Objet tombe justement sur le Nerf-optique, ou aux environs de ce Nerf; M. Picard s'est avisé d'une maniére par laquelle on perd un Objet en tenant les deux yeux ouverts, à cause qu'on fait tomber l'image ou la peinture de cét Objet sur les deux Nerfs-optiques en même tems; & voici comment.

TAB. XXII. Il faut attacher contre une muraille un rond de papier blanc A de la grandeur d'un pouce ou deux, & à côté de ce papier faire deux marques B C sur la muraille, l'une à droite & l'autre à gauche, chacune éloignée d'environ deux piés; puis se placer directement devant le papier à la distance de neuf piés ou environ, & mettre le bout de son doigt vis-à-vis de ses deux Yeux, comme en D, en sorte qu'il cache à l'Oeil droit la marque gauche faite à côté du papier, & à l'Oeil gauche la marque droite. Si l'on demeure ferme en cette posture & que l'on regarde fixement des deux yeux le bout de son doigt, le papier qui n'en est nullement couvert, disparoitra entiérement: ce qui doit être d'autant plus surprenant, que sans la rencontre particuliére des Nerfs-optiques E F où il ne se fait point de vision, & sur lesquels les Rayons A E, A F, tombent quand on perd de vuë le papier A, le papier paroitroit double, comme on éprouvera toutes les fois que le doigt ne sera pas placé comme il faut, ou que la vûë se portera tant

soit

soit peu à côté, dont la raison vous est assez connuë sans qu'il soit besoin de l'expliquer ici.

L'application de cette maniére à la vôtre est facile. Car quand on regarde fixement des deux Yeux le bout de son doigt qu'on a posé au devant des marques, c'est tout de même que si on pointoit chaqu'Oeil en particulier à l'endroit qu'il faut regarder pour perdre le papier : de sorte qu'on fait avec les deux Yeux la même chose que ce que vous faites avec un, en tenant l'autre fermé, &c.

SECONDE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET,

POUR MONTRER QUE LA CHOROIDE EST LE PRINCIPAL ORGANE DE LA VUE.

MONSIEUR,

J'a vû dans votre Réponse les raisons qui vous empêchent de croire que la Choroïde est le principal organe de la Vûë; mais je ne les ai pas trouvées assez fortes, pour m'obliger à rendre cet avantage à la Rétine, quoiqu'elles ayent beaucoup de subtilité & de vrai-semblance.

Vous dites dans votre premiére objection, que *si on léve la Sclérotique & la Choroïde d'un œil bien frais, & qu'on laisse la Rétine étenduë sur l'humeur vitrée, alors on ne voit pas bien au travers de cette Membrane*; d'où vous concluez qu'elle n'a pas assez de transparence pour laisser passer sur la Choroïde une lumiére suffisante pour la Vision. Je ne demeure pas d'accord de cette conséquence, puisqu'il peut y avoir beaucoup de différence entre la Rétine d'un animal mort exposée à l'air, & celle d'un animal vivant exactement enfermée entre l'humeur vitrée & la Choroïde. Les diverses dispositions changent ordinairement les qualitez des choses: la graisse, qui est transparente étant fonduë, devient opaque en se refroidissant; & la cornée d'un œil qu'on tient quelques heu-

res dans un air chaud, devient trouble, & peu à peu entiérement opaque. Mais, afin que vous puissiez être persuadé que la Choroïde est suffisamment éclairée dans un animal vivant, il faut prendre un œil encore tout chaud d'un Bœuf fraichement tué, & le couper en deux, un peu au dessous du Cristalin, en sorte qu'une bonne partie de l'Humeur vitrée demeure étenduë sur la Rétine : alors vous verrez distinctement les diverses couleurs de la Choroïde, la base du Nerf-optique, les troncs des petits vaisseaux qui en sortent, & leur épanchement dans l'épaisseur de la Rétine, avec tant de netteté, que vous ne pourrez même discerner s'il y a une Rétine au delà de l'Humeur vitrée. D'où vous pourrez juger, que la lumiére que les objets envoyent sur la Choroïde, est plus que suffisante pour y produire la Vision, puisque venant à vos yeux par reflexion, & par un second passage au travers de la Rétine & de l'Humeur vitrée de l'Oeil coupé, elle est encore assez forte pour vous faire voir clairement & distinctement la même Choroïde.

Ce n'est pas que je nie que la Rétine n'ait quelque blancheur dans un animal vivant, & qu'elle ne soit un peu moins transparente que les autres humeurs, principalement dans la partie contiguë à la Choroïde: & la nature l'a pû faire ainsi, pour adoucir l'éclat des grandes lumiéres, & empêcher l'éblouïssement; de même qu'elle a étendu sur notre peau un Epiderme insensible, pour empêcher qu'elle ne fût trop facilement blessée par les corps qui nous touchent, & par l'excès du chaud & du froid. Mais, quand je nierois absolument que la Rétine eût aucune opacité dans un animal vivant, votre expérience ne me convaincroit pas, puisqu'elle ne se fait que sur une Rétine, dont les parties les plus subtiles & les plus transparentes sont évaporées : & je donnerois pour exemple un papier blanc, au travers duquel, lors qu'il est mouillé, on voit assez distinctement les Objets qui lui sont contigus; & qui reprend sa premiére opacité, lors qu'il est un peu de tems exposé à l'air. Et si cet exemple ne suffisoit, j'alléguerois le petit Cristallin qui se trouve au milieu du Cristalin de beaucoup d'animaux, & qui en est comme le noyau, lequel étant aussi transparent que les autres humeurs de l'Oeil dans un animal vivant, devient, deux ou trois jours après sa mort, blanc & opaque, quoiqu'il soit encore enfermé dans l'Oeil, & que le Cristalin extérieur demeure encore transparent.

Votre seconde expérience pour prouver l'opacité de la Rétine, qui est de la plonger dans l'eau, est encore extrémement trompeuse. Car vous ne doutez pas que l'Hyaloïde, qui envelope l'Humeur vitrée, ne soit parfaitement transparente; & toutefois, si vous mettez dans de l'eau une partie de l'Humeur vitrée, les parties de l'Hyaloïde qui y sont attachées, y paroitront blanchâtres & troubles comme de la toile d'araignée, quoique l'Humeur vitrée conserve sa transparence. Ce n'est donc pas une bonne épreuve pour savoir si la Rétine est opaque dans un animal vivant, que de la plonger dans l'eau; & à quelque épreuve

que

que vous puiffiez la mettre, après qu'elle a été expofée à l'air, vous n'en pourrez tirer aucune conféquence pour prouver qu'elle eft opaque dans fon état naturel : car le Criftalin même devient un peu trouble dans l'eau; & fi on l'y laiffe quelque tems, ou qu'on l'expofe à la gelée, il devient blanc & opaque comme de la neige.

Ainfi, pour refoudre notre différent, & favoir avec certitude fi la lumiére des Objets paffe prefque tout entiére jufques à la Choroïde, ou fi elle eft prefque toute arrêtée par la Rétine; il eft néceffaire d'apporter des obfervations faites fur la Rétine & fur la Choroïde, lors qu'elles font en leur état naturel, comme eft l'obfervation fuivante.

Mettez de nuit une chandelle allumée fort près de vos yeux, & faites qu'un chien éloigné de huit ou dix pas vous regarde : alors vous verrez dans fes yeux une lumiére affez éclatante, que je foutiens proceder de la reflexion de la lumiére de la chandelle, dont l'image eft peinte fur la Choroïde du chien, laquelle ayant beaucoup de blancheur, fait cette reflexion très-forte; car fi elle procedoit du Criftallin, ou de la Rétine, on verroit les mêmes apparences dans les yeux des hommes & dans ceux des oifeaux, & des autres animaux, qui ont la Choroïde noire.

Il eft donc manifefte, par cette expérience, que les rayons lumineux paffent avec beaucoup de force jufques fur la Choroïde, & que la Rétine en reçoit fort peu d'impreffion ; & voici comme fe fait cette apparence. La petite peinture de la chandelle, qui eft fur la Choroïde, où eft le foyer du Criftallin & des autres humeurs enfemble, envoye des rayons au travers de ces humeurs, qui fe réüniffent réciproquement vers la chandelle; & par conféquent les yeux qui en font proches, doivent voir le Criftallin du chien fort illuminé. Les Opticiens en favent la démonftration ; & ceux qui ne favent pas l'Optique, pourront voir un effet entiérement femblable par une expérience très-facile.

Il faut placer une bouteille fphérique de verre pleine d'eau très-claire, à huit ou dix pas d'une chandelle, & mettre un papier blanc derriére la bouteille environ à la diftance de fon demi-diamétre, en forte que la lumiére de la chandelle qui a paffé à travers la bouteille foit réünie en un petit efpace fur le papier : alors ceux qui auront les yeux proches de la chandelle, verront la bouteille pleine de lumiére ; & cette lumiére difparoitra, fi l'on approche ou recule le papier de la bouteille : & fi l'on met une bougie allumée au lieu du papier, & qu'on tienne l'Oeil en la place de la chandelle après l'avoir ôtée, on verra encore la bouteille plus illuminée qu'auparavant ; & l'on pourra juger facilement que la lumiére qui paroît dans l'Oeil du chien, procéde d'une caufe femblable. Vous pourrez vous confirmer en cette penfée, fi vous mettez la chandelle à côté, en forte que votre vifage en foit fort éclairé, & qu'elle ne luife point fur le chien ; car vous verrez alors beaucoup de lumiére dans fes yeux : mais fi vous mettez quelque corps opaque de-

devant votre viſage pour le couvrir de la chandelle, cette lumiére diſparoitra : ce qui vous fera connoître manifeſtement, qu'elle procéde de l'image de votre viſage qui paroît dans ſes yeux, & que c'eſt ſur la Choroïde qu'elle eſt peinte, par la raiſon que j'ai dite ci-deſſus. On peut faire la même expérience dans les yeux de pluſieurs autres animaux, & particuliérement dans ceux des chats, où cette lumiére paroît bleuâtre, ce qui fait voir qu'elle procéde de leur Choroïde, qui a beaucoup de cette couleur; mais cette couleur, ni aucune autre qui ſoit dans la Choroïde, ne cauſe point de confuſion au ſens de la vûë, puiſque les ſens ne reçoivent point d'impreſſion de leur propres organes.

Le reſte de cette premiére objection n'a preſque point d'autre fondement, qu'une interprétation contraire à ma penſée, que vous donnez à quelques mots de mon Ecrit. Car, lors que j'ai dit que les corps noirs & opaques reçoivent beaucoup d'impreſſion de la lumiére, je n'ai pas entendu les opaques & noirs tout enſemble; il m'eût ſuffi de dire les corps noirs, puiſque tous les corps noirs ſont opaques. Mais ma penſée a été, & eſt encore ſur ce ſujet, que les corps tranſparens, comme l'air, l'eau, & la Rétine dans un animal vivant, reçoivent peu d'impreſſion de la lumiére, & que les opaques en reçoivent beaucoup; mais que les noirs en reçoivent plus que les autres opaques, & l'air & l'eau un peu moins que la Rétine. Je ne crois pas auſſi que la noirceur ſoit abſolument néceſſaire dans la Choroïde pour la Viſion, mais ſeulement pour une plus forte Viſion, ni que la peinture des objets y doive être exprimée; car il ſuffit que les rayons de chaque point des Objets s'y réüniſſent en un point diſtinct & ſéparé, ſelon qu'ils s'entre-répondent. Et vous demeurerez facilement d'accord, que comme une loupe de verre fort convexe fait paroître l'image du Soleil réünie ſur du papier blanc avec beaucoup d'éclat & de lumiére, & ſur du papier noir fort obſcurément, quoique le papier noir, où le feu ſe prend d'abord, en reçoive beaucoup plus d'impreſſion que le blanc : ainſi les rayons des objets illuminez ſe réüniſſant par le moyen du Criſtallin ſur une Choroïde blanchâtre, y forment une peinture viſible, & une très-obſcure ſur une Choroïde noire; mais auſſi l'impreſſion eſt bien plus forte dans la noire que dans la blanche. Et c'eſt la cauſe pourquoi les hommes & les oiſeaux voyent mieux & plus diſtinctement que la plupart des autres animaux : car leur Choroïde étant noire, & par conſéquent très-ſenſible à la lumiére, ils étreſſiſſent beaucoup leur prunelle : ce qui fait que les rayons qui y paſſent de chaque point des objets, ſont tous fort proches de l'axe du Criſtallin, & ſe réüniſſent plus exactement dans un point que dans les yeux de la plupart des animaux qui ont la Choroïde blanchâtre vers l'axe de la vûë, & par conſéquent moins ſenſible à la lumiére, & qui tiennent en récompenſe la prunelle de leurs yeux fort dilatée, lors qu'ils ont beſoin d'une grande lumiére;

ce qui empêche leur viſion d'être diſtincte, à cauſe que les rayons qui tombent ſur l'extrémité du Criſtallin, coupent l'axe trop près en leur refraction. Il eſt vrai que pour ſuppléer en quelque façon à ce défaut, ils ont un petit Criſtallin au milieu du grand ; & ce petit Criſtallin étant d'une conſiſtance plus épaiſſe que celle du grand, ſa refraction eſt auſſi plus forte, & fait que les rayons qui viennent d'un point hors de l'Oeil, & tombent ſur le Criſtallin près de l'axe de la vûë, ſe rompent davantage en paſſant par ce petit Criſtallin, & par ce moyen ſe réüniſſent mieux au fond de l'œil avec les rayons qui tombent ſur l'extrémité du grand Criſtallin: ce qui rend leur viſion moins confuſe, quoiqu'elle ne ſoit jamais ſi diſtincte que celle des hommes & des oiſeaux, qui n'ont qu'un Criſtallin. Les poiſſons ont auſſi un double Criſtallin; car autrement leur viſion ſeroit encore plus confuſe que celle des animaux qui vivent dans l'air : parce que leur Criſtallin étant ſphérique, les rayons coupent l'axe plus inégalement que s'il étoit lenticulaire; & s'il n'étoit ſphérique, ſon foyer ſe feroit très-loin, à cauſe que la refraction des rayons qui paſſent de l'eau dans le Criſtallin eſt très-petite.

La difficulté de votre ſeconde objection vient encore d'une équivoque, & conſiſte à ſavoir ce qu'on doit dire avoir une plus grande continuïté & communication avec le cerveau. Mon hypothêſe eſt, que les nerfs ſont tous revétus de la Pie-mére, qui envelope toute la moëlle de l'épine, & ont avec elle une même continuïté de Fibres, en ſorte que pour peu que les nerfs ſoient émûs, l'impreſſion en eſt portée juſques au cerveau par la continuïté de ces Fibres. Et ſoit que leur tiſſure ſoit différente dans les nerfs des divers ſens, ou que les nerfs contiennent quelques liqueurs ſpiritueuſes, qui déterminent leurs ſenſations par quelques différences qu'elles ont entre elles : il eſt certain que les nerfs de la vûë, de quelque façon qu'ils ſoient émûs, repréſentent des couleurs & des lumiéres; ceux de l'ouïe, des ſons; & ceux du tact, des douleurs, &c. Or la Choroïde eſt un épanchement & une dilatation de la Pie-mére, qui envelope intérieurement le Nerf-optique, & qui vient par une continuïté de Fibres de la tuberoſité de la moëlle de l'épine qui eſt dans le cerveau : d'où il s'enſuit, que pour peu que la Choroïde ſoit touchée, l'impreſſion ſe peut facilement communiquer dans le cerveau. Et afin qu'on puiſſe dire la même choſe de la Rétine, il faudroit qu'il y eût un petit canal dans le Nerf-optique, par où la Rétine en ſa propre ſubſtance s'étendît juſques à cette tuberoſité par une continuïté de fibres : ce qui ne ſe voit pas; & vous étes contraint de dire *qu'il y a de petits filamens de ce Nerf qui ont cette continuïté*. Mais s'il y avoit de ces filamens, ils s'épancheroient dans la Rétine, comme d'un centre à une circonférence, & ſeroient bien plus preſſez vers le Nerf-optique : ce qu'on n'a point encore remarqué ; & avec quelque Microſcope qu'on regarde la Rétine, on n'y découvre jamais aucuns filamens, mais elle paroît d'une conſiſtence uniforme comme l'humeur

vitrée, & doit être considérée comme une quatriéme humeur coulée & passée au travers des pores du Nerf-optique, sans en contenir aucun filament. Il est vrai qu'en faisant passer une épingle par l'épaisseur de la Rétine, on rencontre souvent des filamens: mais si on les regarde au travers d'une loupe de verre fort convexe, on découvre qu'ils aboutissent aux petits vaisseaux des veines & des artéres qui sont dans la Rétine; & infailliblement, s'il y avoit de petits nerfs, on les rencontreroit de même, & ils arréteroient l'épingle, puis qu'ils seroient aussi fermes que les petites artéres. Et quand vous dites qu'on distingue ces filamens dans l'eau, parce que le reste de la Rétine disparoît, cela repugne à l'expérience, & à ce que vous avez dit auparavant, qu'on voit dans l'eau la Rétine toute blanche & sans transparence; & c'est à vous & à ceux de votre opinion de trouver d'assez bons Microscopes, pour faire voir ces filamens; autrement, on les doit tenir pour une chose inventée à plaisir.

Vous apportez ensuite deux expériences, dont la premiére est, que si l'on fait une ouverture au haut de l'œil, on peut découvrir la peinture des objets sur la surface antérieure de la Rétine. Mais, si par le haut de l'œil vous entendez la cornée, ou le blanc de l'œil qui lui est contigu; l'humeur aqueuse s'écoulera par l'ouverture que vous y ferez, & la cornée fera des rides, qui empêcheront la peinture d'être distincte: outre que celui qui regardera par cette ouverture, empêchera que les rayons des objets ne passent dans l'œil, de maniére qu'il n'y pourra voir que sa propre image. Que si vous entendez qu'on ôte la cornée entiérement, le même inconvénient arrivera, & même il n'y aura plus assez de distance entre le Cristallin & la Rétine pour y faire la peinture distincte. Enfin, je ne croi pas qu'on puisse venir à bout de cette expérience, & encore moins de discerner si c'est en la surface antérieure de la Rétine, ou en la postérieure que se forme cette peinture, puisqu'elle a moins d'une demi-ligne d'épaisseur; & il y a lieu de croire que vous vous étes fié au rapport d'autrui de cette expérience, ou que vous avez crû que les images qui paroissent dans les yeux, sont peintes sur la Rétine, au lieu qu'elles procédent de la Reflexion qui se fait sur l'extérieur de la cornée.

La seconde de vos expériences est véritable & facile à faire; mais, selon votre opinion elle seroit impossible. Car puisque vous soutenez que c'est dans la partie antérieure de la Rétine qu'on voit la peinture, & qu'ailleurs vous avez dit qu'on ne voit pas bien au travers de cette membrane; il s'ensuit que vous ne pourrez voir cette peinture à travers l'épaisseur de la Rétine: mais parce que je croi, qu'il reste encore assez de transparence dans la partie de la Rétine, qui n'est pas exposée à l'air, je ne doute point que la peinture ne puisse être vûë sur la partie postérieure. Car quand même la Rétine seroit ôtée & qu'il ne resteroit que l'humeur vitrée, on ne laisseroit pas de voir une peinture

ture renverſée des fenêtres vers la circonférence de l'humeur vitrée, en tenant cet œil dans le fond d'une chambre ; de la même façon qu'on voit cette peinture dans le foyer d'une bouteille ſphérique de verre pleine d'eau, quoiqu'il ſemble qu'on la voye ſur la ſurface extérieure du verre : c'eſt ce qui détruit entiérement la conſéquence que vous en voulez tirer.

Dans la troiſiéme de vos objections vous citez ce que j'ai dit, un peu autrement que je n'ai l'ai dit. Car j'ai mis dans mon Ecrit que la Rétine avoit environ une demi-ligne d'épaiſſeur, & non pas une demi-ligne préciſément, qui eſt une marque que je ne l'avois pas méſurée exactement. Mais quand elle n'auroit qu'un quart de ligne, & encore moins, il ſuffit qu'elle en ait aſſez pour l'effet que je lui attribuë, & pour un autre dont j'ai auſſi parlé dans mon Ecrit, qui eſt, que les rayons d'un même point lumineux qui ne s'uniroient pas préciſément en un même point dans l'axe, ſont redreſſez par la concavité de la Rétine, les plus éloignez de l'axe, davantage que ceux qui en ſont les plus proches : ce qui fait qu'ils ſe réüniſſent mieux en un même point ſur la Choroïde ; lequel point je tiens avec vous être un point Phyſique, puiſque le point objectif l'eſt auſſi : mais je ſoutiens qu'il eſt plus petit qu'aucun qui puiſſe être perceptible à la Vûë. Car nous diſtinguons les diverſes parties des objets très-petits, comme les extrémitez de la largeur des petites artéres de la Rétine, qui n'ont pas la huitiéme partie de ſon épaiſſeur ; & ce qui repréſente cette petite largeur dans l'organe de la Vûë, ne lui eſt pas égal, comme vous le prétendez : mais il doit être vingt-cinq ou trente fois plus petit, c'eſt à ſavoir en la proportion de la diſtance de l'objet au centre de la Vûë, & de la diſtance de ce centre juſques à l'organe de la Vûë ; & par conſéquent l'épaiſſeur de la Rétine n'eſt pas propre pour cette petiteſſe.

Vous voyez donc, Monſieur, que juſques ici vos objections ne peuvent donner aucune atteinte à mon opinion, & que la tranſparence de la Rétine eſt aſſez bien établie. Venons maintenant à la preuve que je tire du défaut de Viſion ſur la baſe du Nerf-optique.

Il faut premiérement demeurer d'accord, que dans cette expérience preſque tous les hommes perdent de vûë un rond de papier blanc tout entier, dont le diamétre eſt la neuviéme ou dixiéme partie de ſa diſtance juſqu'à l'œil : Or le Triangle viſuel dont le diamétre de ce papier eſt la baſe, & le ſommet le centre de la Vûë, eſt proportionnel au Triangle, dont la baſe eſt le diamétre de la peinture de ce papier ſur le fond de l'œil, & le ſommet le même centre de la Vûë ; lequel centre étant éloigné de ſix ou ſept lignes de la baſe du Nerf-optique, dont la largeur eſt environ de trois quarts de ligne, cette baſe ſera auſſi environ la neuviéme ou dixiéme partie de ſa diſtance, juſques au centre de la Vûë : Et par les principes de l'Optique, l'image du rond de papier tombant ſur la baſe du Nerf, la couvrira préciſément ; & puis qu'alors

le papier diſparoît entiérement, il s'enſuit que toute la baſe du Nerf-optique eſt inſenſible à la lumiére. D'où je conclus, que la Choroïde eſt le principal organe de la Vûë, puiſque ſon abſence cauſe le défaut de Viſion; & que la Rétine ne l'eſt pas, puiſqu'elle ſe trouve en cet endroit, & qu'elle y paroît diſpoſée de même qu'au reſte du fond de l'œil.

Pour éluder la force de cet argument, vous apportez d'autres cauſes de ce défaut de viſion: les deux premiéres ſont preſque ſemblables; mais il me ſemble que vous les ſuppoſez ſans fondement. Car, comme il a été dit ci-deſſus, on ne voit point de filamens de nerfs ſortir de la baſe du Nerf-optique; & même il ne ſeroient pas propres pour la viſion, puiſqu'ils laiſſeroient dans quelques parties de la Rétine de trop grands intervalles vuides; & il faut que chaque point des Objets rencontre un point ſenſible dans l'organe de la Vûë, pour y réünir ſes rayons: ce qui ſe trouve dans la Choroïde, qui eſt un épanchement de la partie ſenſible du nerf en une membrane continuë. D'ailleurs, les cauſes du défaut de la viſion ne ſe peuvent trouver dans ces hypothèſes. Car dans la premiére, quelle raiſon pourroit-on donner de ce qu'il n'y auroit point d'extrémitez de ces filamens à l'oppoſite du Nerf-optique, puiſqu'il ne faudroit qu'une ſimple continuation directe de quelques-unes de ſes Fibres, juſques à la partie antérieure de la Rétine? Et pour la ſeconde, qui eſt votre opinion particuliére, je demeure bien d'accord que le vuide de votre houppe renverſée pourroit cauſer le défaut de viſion vers le centre de la baſe du nerf: mais je ne vois pas pourquoi ces filamens, qui, ſelon vous, couvrent le reſte de la baſe, ſeroient en cet endroit inſenſibles à la lumiére; puiſqu'il n'eſt pas néceſſaire pour la viſion, que les rayons tombent directement ſur l'organe de la Vûë, & qu'il ſuffit que ceux d'un même point lumineux s'y réüniſſent en un point; étant facile de juger qu'il n'y a qu'un ſeul rayon de ceux qui concourent à un point, ſoit ſur la Rétine, ſoit ſur la Choroïde, qui puiſſe y tomber directement. Mais je ne m'étens pas davantage ſur ce ſujet, puiſque je croi que cette houppe renverſée, & ces filamens qui la compoſent, ne ſont qu'une choſe ſans fondement, & que vous ne ſauriez faire voir.

L'autre cauſe que vous apportez, eſt le tronc des vaiſſeaux qui ſortent de la baſe du nerf: mais vous ne pouvez pas nier qu'ils ne ſoient très-petits, & qu'on a de la peine à diſcerner les petits trous par où ils paſſent, lorſqu'on coupe le nerf plus haut que ſon inſertion dans l'œil: & parce que ſouvent ils ſortent de la baſe par deux petits trous différens, le diamétre de chacun deſquels n'occupe pas la huitiéme partie de celui de la baſe; il s'enſuit que ſi le reſte de la baſe du nerf étoit ſenſible à la lumiére, on ne perdroit de vûë en une diſtance de dix piés, qu'un papier de deux pouces de diamétre tout au plus, & quelquefois en fixant un Oeil ſur un petit papier, il en diſparoîtroit deux au-

autres très-petits, féparez l'un de l'autre, fans perdre de vûë ce qui feroit entre-deux: ce qui repugne à l'expérience. Ainfi les caufes que vous alléguez de ce défaut de vifion, étant ou fans fondemeut, ou infuffifantes; il s'enfuit que celle que je donne, fubfifte toujours, du moins à votre égard: & pour la confirmer encore davantage, j'ajouterai ici quelques obfervations & quelques raifonnemens qui ne font ni dans ma Lettre, ni dans mon Ecrit.

La premiére obfervation, qui eft fort commune, eft que la prunelle fe dilate à l'ombre, & s'étreffit à la vûë d'une grande lumiére; & il eft difficile de trouver la caufe de ce mouvement involontaire, qu'en fuppofant que la Choroïde eft fenfible à la lumiére: car alors il eft aifé de juger qu'étant bleffée par une Vifion trop forte, elle peut dilater, ou refferrer fes Fibres, qui font continuës avec celles de l'Uvée antérieure, en forte qu'elle étreffiffe fon ouverture; & que n'étant point bleffée, elle fe relâche: au lieu que fi l'on fuppofe que la Rétine eft l'organe de la Vûë, il eft difficile d'expliquer comme fe fait cet étreffiffement.

La feconde eft, que fi l'on tient la main entre une bouteille fphérique de verre pleine d'eau, & une chandelle mife au foyer de la bouteille, on fentira plus de chaleur que fi on la tient dans le foyer réciproque, c'eft à dire, à l'endroit où les rayons qui ont paffé au travers de la bouteille, font paroître une grande image renverfée de la flamme de la chandelle fur une furface blanche oppofée. Car j'en tire cette conféquence, que l'image de la chandelle qui eft peinte fur la Choroide d'un chien, comme je vous ai prouvé, fait beaucoup plus d'impreffion fur la Rétine du Chien, que fur celle de celui qui la regarde, & qui la voit fort éclatante. D'où je conclus, que fi la Rétine étoit l'organe de la Vûë, le Chien ne verroit pas les objets médiocrement illuminez qui feroient à l'entour de la chandelle, quand même ils en feroient éloignez de trois ou quatre piés; puis qu'ils recevroient beaucoup plus d'impreffion de cette reflexion, que de ces objets, & qu'une grande fenfation en efface une moindre: ce qui repugne à l'expérience; & il n'eft pas vrai-femblable qu'il y ait un tel défaut dans la vifion des animaux.

La troifiéme eft, que les yeux des oifeaux font difpofez, en forte que le Nerf optique, après fon infertion dans l'œil, fe recourbe fur la concavité de la Sclérotique; & le long de cette courbure naît la Choroïde qui la couvre, ne laiffant qu'une raye blanche au milieu, d'où naît la Rétine, qui s'étend fur la Choroïde dans le fond de l'œil: mais elle eft couverte joignant cette raye blanche, d'une petite membrane noire, contiguë, ou collée à l'Hyaloïde, longue d'environ fix lignes, & large de cinq, dans les yeux des grands oifeaux; laquelle membrane procéde auffi de la Pie-mére, qui enveloppe intérieurement le Nerf-optique, & eft comme une appendice de la Choroïde. Il y a

quelques oiſeaux, comme l'Autruche, dont le Nerf-optique ſe dilate au fond de l'Oeil en une membrane épaiſſe de figure ovale, des extrémitez de laquelle naiſſent la Choroïde & la Rétine ; mais la petite membrane noire, qui naît auſſi des mêmes extrémitez, couvre entiérement cette ovale, & s'étend un peu ſur la Rétine : & ſi l'on conſidére l'endroit où eſt cette membrane noire en toutes ſortes d'oiſeaux, on trouvera qu'il eſt un peu à côté de l'axe, & que les rayons des objets que les oiſeaux regardent avec les deux yeux, tombent deſſus préciſément. Ce qu'on jugera facilement, ſi l'on remarque que les oiſeaux n'ont pas les axes de leurs yeux paralléles, quand ils les tournent vers un même objet, mais un peu écartez : ce qui fait que les rayons de cet objet tombent obliquement ſur leurs Cornées, & que, ſelon les régles de la refraction, ils ſe rompent à côté des mêmes axes, dans le fond de leurs yeux. Or, puis que la Rétine n'eſt point en cet endroit, ou qu'elle y eſt couverte par cette membrane noire qui arrête la lumiére, & que perſonne ne doute que les oiſeaux ne ſoient plus clair-voyans que les autres animaux ; vous devez avouër que la Rétine n'eſt pas le principal organe de la Vûë, & qu'il faut donner cet avantage à la Choroïde. Pour ce qui eſt de l'expérience de M. *Picard*, je la trouve fort bien inventée ; mais elle eſt difficile, à cauſe du grand effort qu'il faut faire, pour fixer les deux yeux à un point qui n'en eſt éloigné que de quatre pouces au plus. En voici une autre, qui fait beaucoup moins de peine, & qui n'eſt pas moins ſurprenante. Attachez ſur un fonds obſcur deux petits ronds de papier blanc à même hauteur, & à trois piés l'un de l'autre ; placez-vous vis-à-vis, à une diſtance de douze à treize piés ; & tenez votre pouce élevé devant vos yeux à une diſtance d'environ huit pouces, en ſorte qu'il couvre à votre Oeil droit, le papier qui eſt vers votre gauche, & à votre Oeil gauche le papier qui eſt vers votre droite : alors, ſi vous regardez votre pouce fixement avec les deux yeux, vous perdrez de vûë les deux papiers ; ce qui procéde de ce que les yeux étant ainſi diſpoſez, chacun d'eux reçoit ſur ſon Nerf-optique l'image de l'un des papiers, & le pouce lui couvre l'autre.

On peut faire la même expérience avec deux chandelles allumées, obſervant les mêmes diſtances. Que ſi elles ſont plus éloignées l'une de l'autre, il faut auſſi s'en éloigner à proportion ; c'eſt à dire, que ſi leur diſtance eſt de ſix piés, il faut en être éloigné de vingt-cinq piés, & dans les autres diſtances à proportion : mais il faut que le pouce demeure toujours dans la même ſituation à peu près ; car ſi on le tenoit à un pié de diſtance des yeux, ou davantage, on verroit quatre chandelles au lieu de deux.

LET-

LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT A MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai été ſurpris de la nouveauté de votre merveilleuſe obſervation touchant la perte que l'on fait d'un objet, lors qu'il eſt en une certaine diſtance, & en ſituation convenable pour cela à l'égard de l'œil; mais je n'ai pû encore entrer dans les ſentimens que vous avez ſur la cauſe de cet accident, ni approuver les conſéquences que vous en tirez, pour perſuader que la Choroïde doit être reputée le principal organe de la Viſion, & non la Rétine, ainſi qu'on le croit communément. Monſieur *Pecquet* m'ayant communiqué les raiſons qu'il vouloit oppoſer aux vôtres, dans un écrit qu'il vous adreſſe ſur ce ſujet, je l'ai fait ſouvenir d'une remarque que nous avons ſouvent faite enſemble dans les Yeux de la plupart des Animaux, où la Rétine, en pluſieurs endroits, & apparemment au lieu où ſe fait la viſion des objets qu'on regarde directement, ſe voit traverſée par des vaiſſeaux remplis de ſang, qui étant des corps opaques d'une grandeur conſidérable, & interpoſez entre les objets & la Choroïde, devroient empêcher la Vûë, ſi la Choroïde en étoit le véritable organe. Je ne ſai ſi l'amour que chacun a pour ſes penſées me trompe dans cette rencontre; mais je ne croi pas que l'on vous puiſſe faire une plus forte objection contre l'uſage que vous donnez à la Choroïde, ni trouver un argument plus convainquant, pour faire attribuer cet uſage à la Rétine. Le déſir que j'ai d'en avoir la ſolution, m'a porté à vous écrire en particulier ſur ce ſujet, voyant que M. *Pecquet*, qui demeure d'accord du fait, comme lui étant connu, de même qu'à tout le reſte de notre compagnie, par pluſieurs expériences, n'a pas tiré les conſéquences dont ce fait fournit un fondement ſi raiſonnable contre votre opinion; & j'ai crû qu'il étoit néceſſaire de vous expliquer plus diſtinctement mes ſentimens qu'il n'a fait.

Ma

Ma pensée eſt, que pour la viſion, les eſpéces ſont reçuës ſur la ſurface antérieure de la Rétine qui eſt contiguë à la ſurface de l'humeur vitrée; que cette ſurface ne ſert à la viſion que comme étant indiviſible; que le reſte du corps de cette membrane, qui a une épaiſſeur conſidérable, n'eſt néceſſaire que pour rendre cette ſurface plus égale, ainſi que l'expérience fait voir aux enduits des murailles, qui ne peuvent avoir une ſurface bien unie, s'ils ne ſont épais, ſuivant la remarque de *Vitruve*, qui les compare aux miroirs de métail, qui ne peuvent être polis quand ils ſont minces; & qu'enfin la Choroïde étant enduite, comme elle eſt, d'une ſubſtance inégale, ſemblable à de la bouë noirâtre, mal détrempée, & qui ne peut avoir une ſurface polie, elle n'eſt point capable de recevoir l'impreſſion des rayons qui partent des objets, autant qu'il eſt néceſſaire.

Car il faut demeurer d'accord, que la poliſſure & l'exacte égalité de la ſurface de la membrane qui doit être reputée l'organe de la Viſion, eſt une condition ſans laquelle on ne peut concevoir que la Viſion ſe puiſſe faire. Vous ſavez que pour cette action il eſt néceſſaire que de tous les points de l'objet il ſe forme des cones, ayant leur baſe à la Cornée, & que de la ſurface poſtérieure du Criſtallin il parte autant de cones, ayant chacun un axe qui tombe ſur la ſurface de l'organe perpendiculairement, ou à peu près. Car il faut ſuppoſer que la Viſion ſe faiſant par le ſentiment de l'impreſſion que les objets font ſur l'organe, l'organe doit être comme frapé par les eſpéces, & qu'il n'eſt frapé que foiblement par les rayons qui tombent obliquement. Or l'endroit de l'Oeil où ſe fait l'impreſſion d'un grand objet eſt ſi petit & ſi étroit, que dans un eſpace qui ſemble n'être qu'un point, il faut qu'une infinité de points de l'objet ſoient reçus: de ſorte que l'eſpace, qui par exemple n'eſt pas plus grand que la tête d'une épingle, peut recevoir l'impreſſion d'un objet beaucoup plus grand que la Lune, ſuppoſé que toutes les parties qui compoſent cet eſpace de l'organe, faſſent un champ capable de recevoir aſſez directement toutes les extrémitez des cones, qui ont leur baſe au Criſtallin: au lieu que ſi cet eſpace eſt raboteux & inégal, il ne recevra l'impreſſion que d'une ſi petite partie de l'objet, que l'on peut dire qu'il ne ſera vû qu'imparfaitement.

Cette même raiſon fait qu'on ne peut pas dire que les vaiſſeaux qui ſont dans la Rétine ſont trop petits pour faire que leur interpoſition empêchât la vûë de quelque objet: car quand ils ne ſeroient pas plus gros qu'un cheveu, c'eſt beaucoup plus qu'il ne faut pour recevoir l'impreſſion d'une infinité de pointes des cones, par leſquelles eſt formée la repréſentation d'un objet d'une grandeur conſidérable, principalement s'il eſt éloigné. Or il n'y a que l'égalité de la ſurface de l'organe qui puiſſe faire qu'il y ait ce nombre ſuffiſant de parties capables de recevoir l'impreſſion des rayons; & il y a apparence que le défaut de cette égalité, qui vient ou des maladies, ou de la vieilleſſe, ou d'une

d'une mauvaiſe diſpoſition naturelle, eſt une des cauſes de la foibleſſe de la Vûë; & qu'en ceux qui ne voyent pas bien diſtinctement les objets éloignez, on peut autant accuſer le manque de cette poliſſure de la Rétine, que la foibleſſe des eſprits viſuels, ou la diſpoſition peu commode du Criſtallin. Car il eſt aiſé de concevoir que l'image des choſes éloignées ne pouvant être reçuë que ſur une très-petite portion de l'organe, il n'eſt pas poſſible, ſi la ſurface de cet organe eſt inégale, qu'il reçoive comme il faut un aſſez grand nombre de rayons, pour avoir l'impreſſion de toutes les particularitez de cette image; & qu'au contraire toutes ces particularitez ſont aiſément reçuës ſur une plus grande portion, ainſi qu'il arrive quand l'objet eſt proche.

Cela étant ainſi, il faut remarquer que les rameaux des vaiſſeaux qui ſont dans la Rétine, ne ſont point capables de cauſer aucune inégalité dans ſa ſurface; parce que ces vaiſſeaux ſe gliſſant dans ſon épaiſſeur, ils ſont recouverts par ſa derniére ſurface, qui conſerve aiſément ſa poliſſure, à cauſe de la diſpoſition de ſa ſubſtance, qui ſe trouve fort commode pour produire cette égalité: car elle a une molleſſe & une viſcoſité glaireuſe, par laquelle elle prend la forme de la ſurface de l'humeur vitrée, qui communique la poliſſure que tous les corps liquides & homogénes ont ordinairement à leur ſurface; ce qu'elle fait encore par le moyen de la membrane qui l'environne, dont la poliſſure & l'égalité la fait appeller vitrée avec beaucoup de raiſon.

Il faut demeurer d'accord que cette égalité manque à la Choroïde & que ce défaut la rend mal propre à recevoir l'impreſſion des eſpéces. Mais elle en a encore une autre bien conſidérable, qui conſiſte dans la nature de ſa ſubſtance, qui eſt tout-à-fait dénuée des qualitez néceſſaires à un organe, tel que doit être celui de la Viſion: car cette action ſe faiſant par un attouchement incomparablement plus délicat que n'eſt celui de tous les autres ſens, ſon organe a dû auſſi être pourvû d'une délicateſſe qui le rendit perméable aux eſprits les plus ſubtils, & obéïſſant aux impreſſions les plus legéres. La Rétine a toutes ces qualitez en un ſouverain degré, puis qu'elle n'eſt autre choſe que la ſubſtance du Cerveau, la plus molle & la plus délicate de toutes les parties du corps, qui ayant été endurcie pour former le Nerf-optique, à qui cette fermeté étoit néceſſaire pour paſſer par un aſſez long chemin, & pénétrer les os du Crane, reprend ſa premiére délicateſſe, & même en acquiert encore une plus exquiſe, lors que le Nerf-optique devient comme fondu, diſſout, & étendu dans tout le fond de l'Oeil.

Or la Choroïde n'a aucune de ces qualitez; & ſi elle eſt une production de la Pie-mére, qui à la vérité eſt une membrane fort délicate & fort ſubtile dans tous les autres endroits du Cerveau, elle perd cette qualité dans l'Oeil, où elle eſt ſans comparaiſon plus dure & plus épaiſſe qu'ailleurs; & outre cela elle a une ſubſtance & un uſage qui la rend tout-à-fait incapable de la ſenſibilité ſubtile que la Viſion requiert. Les

Anatomiftes ont appellé cette membrane Choroïde, parce qu'elle eft remplie d'un grand nombre de vaiffeaux, comme la membrane qui enveloppe le Fœtus, appellée Chorion. Mais cela lui eft commun avec beaucoup d'autres membranes; & je croi qu'elle mérite encore mieux ce nom par la raifon de fon ufage, qui eft pareil à celui de cette membrane de l'arriére-faix, que la Nature a deftinée pour préparer le fang que la Mére envoye pour la nourriture de l'enfant. Car la diffection fait connoître qu'une grande quantité de vaiffeaux iffus des rameaux de ceux qui font difperfez dans les Mufcles couchez fur le globe de l'Oeil, percent la membrane Sclérotique en plufieurs endroits, pour entrer & fe répandre dans la Choroïde, dans laquelle il y a grande apparence que le fang, dont les parties internes de l'Oeil doivent être nourries, laiffe ce qu'il a de groffier & d'opaque, parce que ces parties étant admirablement nettes & tranfparentes, elles ne pourroient fe nourrir que d'une fubftance, qui, comme elle, fût claire & tranfparente. C'eft ce qui fait que la Choroïde eft noircie & falie de la craffe, & des parties terreftres du fang, qui, d'autant plus qu'elles la rendent mal propre à recevoir l'impreffion des efpéces & l'influence des efprits, lui donnent une plus grande opacité, qui n'eft pas d'une petite utilité pour la Vifion.

Les réflexions que j'ai faites fur toutes ces chofes, me font croire que la partie glaireufe de la Rétine, qui, ainfi que j'ai dit, eft comme une diffolution de la fubftance du Nerf-Optique, eft l'organe immédiat de la Vifion, & que les filets qui y font entremêlez, & qui la font appeller Rétine, ne contribuënt à cette action que par le moyen de cette partie glaireufe; en forte qu'ils fervent plutôt à la diftribution des efprits, & aux autres commerces que les fens ont avec le Cerveau, qu'à recevoir immédiatement l'impreffion des rayons, ainfi que quelques-uns eftiment: du moins leur opinion repugne à mon fyftême, qui établit l'égalité parfaitement uniforme d'une furface pour un organe propre à la vifion, & que les parties d'une membrane qui n'eft ni continuë, ni égale, feroient incapables de recevoir l'impreffion de tous les points des objets, dont il y en auroit néceffairement beaucoup qui tomberoient fur les intervalles qui devroient être entre ces extrémitez des filets, & ce qui fe perdroit dans ces intervalles, devroit faire perdre une grande partie des objets; fuivant les hypothêfes que j'ai expliquées.

On peut ajouter encore d'autres chofes, pour faire voir que la Choroïde ne peut être l'organe de la Vifion; comme de dire qu'elle n'a aucun commerce avec le Nerf-optique, qu'elle eft recouverte à l'endroit où fe fait la vifion directe par une autre membrane que nous appellons le Tapis, qui eft féparable de la Choroïde, & qui n'en a pas toujours la noirceur, mais qui eft ordinairement teinte & diverfifiée de certaines couleurs moyennes & douces; telles que font le verd, le bleu, le doré, l'argenté, la nacre de perle, &c. D'où il paroît que la couleur n'eft point une condition néceffaire à la Vifion, & dont on peut enco-

re tirer d'autres conféquences peu favorables à l'ufage que vous donnez à la Choroïde, & que je ne doute point que Monfieur *Pecquet* ne faffe valoir dans la Lettre qu'il vous écrit. Je me contente feulement des raifons & des faits que j'ai avancez. Car je croi, Monfieur, que fi ces chofes me font accordées, ainfi que je croi qu'il eft raifonnable, je n'aurai pas beaucoup de peine à rendre la raifon de votre Phénoméne, fans ôter à la Rétine l'office dont elle eft en poffeffion: car, fuppofé que l'égalité d'une furface foit néceffaire à l'organe de la Vifion, il n'eft pas difficile de concevoir que l'endroit où la Rétine naît du Nerf-Optique, y foit mal propre, puis qu'en cet endroit elle ne peut avoir la poliffure qu'elle a dans le refte du dedans de l'Oeil; parce que toutes les fibres qui fe diftribuënt dans la Rétine font ramaffées en cet endroit, & ne font point cette fubftance homogéne, qui eft fi commode à l'égalité de la furface dont il s'agit. Car cette partie du Nerf-Optique, qui fait comme un fagot de fibres ferrées dans le trou dont la Choroïde eft percée à l'endroit du Nerf-Optique, doit être moins propre à cette égalité que ne font les extrémitez des fibres éfilées & diffoutes à peu près comme les fils de la toile le font quand on en fait du papier, qui eft une fubftance bien égale & bien polie, fi on la compare avec de la toile.

On peut encore ajouter, que cet endroit où le Nerf-Optique n'eft pas encore dilaté pour fe mêler dans la Rétine, eft une partie tout-à-fait différente de la Rétine; foit que l'on conçoive que tous les efprits difperfez dans la Rétine doivent paffer avec plus d'impétuofité par ce petit endroit, & y être ramaffez; où que toutes les fibres, dont les extrémitez répandent dans la partie diffoute les efprits Vifuels, y font refferrées. Car fi l'expanfion des fibres, la dilatation des efprits, & leur tranquillité eft propre à la vifion dans tout le refte de la Rétine, il eft raifonnable de conclure que ce refferrement des fibres vers l'entrée du Nerf-Optique, & le mouvement précipité des efprits, n'y eft pas favorable.

Enfin cet endroit de la Rétine peut auffi être rendu mal-propre à la Vifion, comme vous l'eftimez, par le défaut de la Choroïde qui eft percée; mais il ne s'enfuit pas de là que la Choroïde ferve autrement à la Vifion que comme un des organes qui y contribuënt quelque chofe; favoir en fermant toutes les avenuës à la lumiére, & l'empêchant d'entrer par autre part que par la prunelle: car il y a quelque raifon de croire que la fubftance diaphane des Paupiéres, des Mufcles, des Glandes de l'Oeil, & des autres parties qui font entre la Choroïde & l'Orbite, peuvent par derriére donner quelque entrée à la lumiére, jufqu'à l'endroit où ce défaut de la Choroïde fe rencontre. Auffi femble-t-il que dans la néceffité qu'il y avoit de percer la Choroïde, pour donner paffage dans l'Oeil au Nerf-Optique, la Nature ait eû foin d'étreffir cette ouverture autant qu'il étoit poffible, puis qu'il fe trouve qu'elle

fait toujours un trou beaucoup plus étroit qu'il ne faudroit pour le Nerf-Optique, qui se resserre en cet endroit pour se rélargir ensuite, en donnant naissance à la Rétine. Or ce trou par lequel la Rétine est en quelque façon illuminée, la prive de la principale disposition qu'elle doit avoir pour la Vision, qui est d'être capable de l'altération par le moyen de laquelle la Vision se fait : car la Rétine étant ainsi déja illuminée par derriére, n'est pas capable d'être illuminée par devant que très-foiblement par les rayons Visuels ; de même qu'une chambre qui a déja une fenêtre ouverte, n'est illuminée que foiblement lors qu'on en ouvre une seconde, si l'on compare cette illumination à celle qu'elle reçoit par l'ouverture de la premiére, qui trouvant la chambre absolument obscure, y cause une changement bien notable par la premiére introduction de la lumiére.

Ainsi vous voyez, Monsieur, que quand le défaut d'une partie de la Choroïde au droit du Nerf-Optique contribuëroit à empêcher la vision, cela ne prouveroit pas que cette membrane fut autre chose qu'un organe nécessaire à la perfection de cette action; ainsi qu'il y a plusieurs autres organes, comme la Pupille, le Ligament Ciliaire, le Crystallin, & les autres humeurs de l'Oeil, dont les dispositions convenables aident à la vision, mais qui n'en peuvent être reputez l'organe principal, comme la Rétine, &c.

REPONSE DE MONSIEUR MARIOTTE A LA LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT.

MONSIEUR,

Je n'ai pas entrepris une petite affaire lorsque je me suis engagé à défendre les droits de la Choroïde, & je n'ose presque m'en promettre un heureux succès. Ceux qui n'ont pas une connoissance exacte de l'anatomie de l'Oeil, & des régles de l'Optique, ne pourront comprendre ni mes raisonnemens, ni les faits que je suppose ; & les Savans, par-

particuliérement les Sectateurs de la Nouvelle Philosophie, étant prévenus, comme ils sont, en faveur de la Rétine, chercheront toujours quelque nouvelle difficulté à m'opposer.

Tout ce que j'ai pû dire, ou écrire sur ce sujet jusques ici, n'a persuadé que fort peu de personnes ; & la nouveauté, qui est ordinairemen si bien reçûë, ne m'a pas été favorable en cette rencontre. Je ne me rebute pas pourtant ; je trouve ma cause trop bonne pour l'abandonner ; & quoique vrai-semblablement j'aye épuisé tout ce que je savois sur cette matiére dans ma seconde Lettre à Monsieur *Pecquet*, il me reste encore plusieurs raisons assez bonnes pour opposer à celles que vous employez pour combatre mon opinion. J'avoûë, Monsieur, que la plupart de vos objections sont très-fortes, & très-ingénieusement inventées : mais je ne les trouve pas convaincantes ; & je crois pouvoir aisément les resoudre, & vous éclaircir suffisamment de vos doutes.

Toutes les difficultez que vous me faites peuvent se reduire à trois principales.

La *premiére*, que les vaisseaux remplis de sang qui sont dans la Rétine, empêcheroient la Vision, si la Choroïde en étoit le véritable organe.

La *seconde*, que la Choroïde n'est pas propre à cet usage, pour plusieurs raisons, dont les principales sont ; qu'elle est raboteuse, & inégale ; qu'elle est trop dure, & trop épaisse ; que les vaisseaux pleins de sang qui s'y répandent, y laissent une crasse & une noirceur qui l'empêche de bien recevoir l'impression de la lumiére ; & que cette membrane n'a point de commerce avec le Nerf-Optique.

La *troisiéme*, que la Rétine est très-propre pour être le principal organe de la Vision, & que suppôsant cette vérité, il est facile d'expliquer le défaut de Vision qui se fait sur la base du Nerf-Optique, par l'une ou l'autre des deux causes que vous apportez.

Pour suivre le même ordre, je diviserai ma réponse en trois parties.

Dans la *premiére*, je ferai voir que les vaisseaux de la Rétine, & leur dispôsition, fournissent des preuves très-fortes pour établir mon opinion, bien loin de la détruire.

La *deuxiéme* contiendra plusieurs raisons & expériences pour prouver que la Choroïde est très-propre pour l'usage que je lui attribuë, dont les plus considérables sont ; qu'elle est très-polie, & égale, & nullement raboteuse ; qu'elle n'est ni dure, ni épaisse, mais souple & déliée, à fort peu près comme la Pie-mére dans le Cerveau ; que les vaisseaux pleins de sang dont elle est traversée, aident à la Vision, bien loin de lui nuire ; que la noirceur qu'ils y laissent, & dont elle est enduite & pénétrée, est nécessaire pour la rendre suffisamment sensible aux impressions de la lumiére ; & qu'elle a une parfaite communication avec le Nerf-Optique, & avec le Cerveau.

Dans la *troisiéme* & derniére, je tâcherai de faire connoître que la Ré-

tine n'eſt pas propre pour l'uſage que vous lui attribuez, & que les deux cauſes que vous donnez du défaut de Viſion qu'on obſerve dans mon expérience, ne ſont point dans la nature, & n'ont nulle exiſtence réelle; & que ſi elles avoient quelque exiſtence, elles cauſeroient le même défaut dans les autres parties de la Rétine, & ſupprimeroient entiérement la Viſion.

Je crains ici, Monſieur, que ceux qui mépriſent la Philoſophie, ne trouvent un ſujet de raillerie dans la diverſité de nos aſſertions, qui ſont ſi manifeſtement oppoſées; & je ne puis deviner moi-même d'où peut proceder qu'en une choſe de cette nature, nous puiſſions avoir des vûës ſi différentes. Eſt-ce que nous avons manqué d'exactitude & de préciſion dans nos obſervations? Eſt-ce que les yeux des hommes & des animaux ſur leſquels nous les avons faites, avoient des diſpoſitions & des ſtructures différentes; ou plutôt que l'amour de nos inventions & des opinions dont nous ſommes prévenus, nous faſcine l'eſprit & les yeux, pour nous empêcher de faire des reflexions ſur ce qui eſt contraire à nos hypothêſes, & pour nous faire appercevoir les choſes autrement qu'elles ne ſont? Mais quelles que puiſſent être les cauſes de cette contrariété de ſentimens, je vais tâcher de vous expliquer les miens, & de ſatisfaire à ce que j'ai promis.

Pour reſoudre votre premiére difficulté, je ſuppoſe trois choſes, que je ne doute point que vous ne m'accordiez, puis qu'elles vous ſont très-connuës.

La premiére eſt, que lors que quelque endroit de l'organe de la Viſion a reçû l'impreſſion d'un objet lumineux ou illuminé, cette impreſſion continuë encore quelques momens: on en voit l'expérience lors qu'on tourne en rond aſſez vîte un charbon ardent; car il paroît ſemblable à un cercle de feu, à cauſe que la ſeconde impreſſion de la lumiére ſe fait avant que la premiére ſoit effacée.

La ſeconde eſt, que les fibres de l'organe de la Viſion étant ébranlées par la réception de quelques rayons qui s'y reüniſſent, les fibres contiguës, où il ne tombe aucun rayon, ne laiſſent pas d'en être ébranlées, & de donner une fauſſe apparence de lumiére, qui amplifie la grandeur apparente du corps lumineux: c'eſt par cette raiſon que la flamme d'une chandelle un peu éloignée paroît la nuit beaucoup plus grande qu'elle ne devroit paroître.

Ma troiſiéme ſuppoſition eſt, que les Yeux ſont extrémement mobiles, & que ce qui nous fait voir ſi tôt le détail exact d'un objet entier, eſt la promptitude avec laquelle nos yeux en parcourent toutes les parties par la Vûë directe, comme on le connoît quand on lit: car encore qu'on apperçoive en même tems toutes les lignes d'une page par la vûë oblique, on ne peut les lire qu'en parcourant ſucceſſivement avec la vûë directe tous les mots, & preſque toutes les lettres de chaque mot; d'où il arrive que l'habitude que nos yeux ont à ce mou-

mouvement, nous empêche de les fixer facilement pendant un tems confidérable à un point déterminé.

Ces chofes étant accordées, examinons votre premiére objection. Vous dites, Monfieur, que les vaiffeaux de la Rétine empêcheroient la Vifion, fi la Choroïde en étoit le véritable organe, & qu'ils ne peuvent l'empêcher en la furface antérieure de la Rétine ; & vous croyez que cette propofition eft un argument convaincant pour détruire mon opinion.

Mais fi vous entendez que ces vaiffeaux cauferoient feulement quelques défauts de Vifion peu confidérables, je me fers de votre affertion contre vous-même : car je foutiens qu'il y a de ces vaiffeaux qui caufent des défauts de Vifion ; & parce qu'ils ne peuvent faire cet effet en la furface antérieure de la Rétine, puis qu'ils font placez au deffous felon votre hypothèfe, il s'enfuit que cette furface n'eft pas le véritable organe de la Vifion comme vous le prétendez.

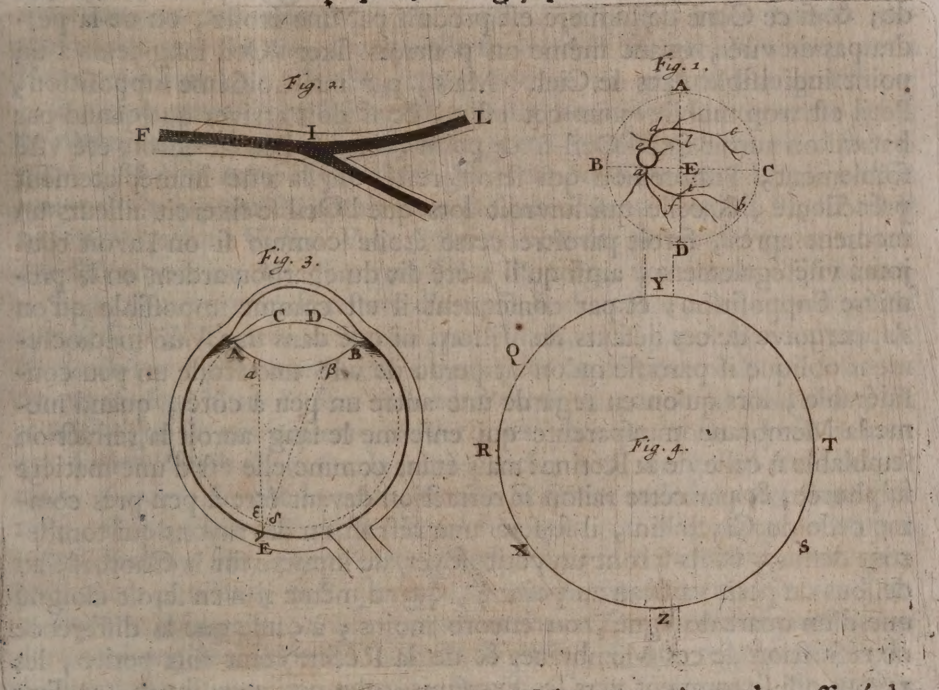
Que fi vous entendez que ces vaiffeaux feroient un préjudice notable à la Vifion, ou la fupprimeroient entiérement, voici quelles font mes penfées fur ce fujet. Je dis premiérement, que ces vaiffeaux ne peuvent caufer aucun défaut de vifion fur la Choroïde quand on regarde les objets avec les deux Yeux, parce qu'alors ils ne peuvent nuire ni à la vifion directe, ni à la Vifion oblique : ils ne peuvent nuire à la Vifion directe, parce qu'il n'y a point de ces vaiffeaux en l'endroit où l'Axe de la Vûë perce la Rétine, ni dans un efpace confidérable à l'entour : ils ne peuvent auffi nuire à la Vifion oblique, parce que les rayons d'un même point lumineux ne tombent pas fur les mêmes endroits dans chacun des Yeux ; & c'eft par la même raifon que lors qu'on a les deux Yeux ouverts, on ne s'apperçoit pas du défaut de Vifion qui fe fait fur les bafes des Nerfs-Optiques. Je dis encore, que les vaiffeaux de la Rétine qui font proches de l'Axe de la vûë, ne peuvent caufer aucun défaut fenfible de vifion dans un feul Oeil, pour plufieurs raifons, dont les plus importantes font ; que ces vaiffeaux font tranfparens, & nullement opaques ; que les petits filets de fang qui y coulent n'ont pas plus d'épaiffeur qu'un cheveu, c'eft à dire que la vingt-quatriéme partie d'une ligne ; & qu'étant fituez la plupart en la furface de la Rétine contiguë à la membrane de l'humeur vitrée, ils font trop éloignez de la Choroïde pour intercepter tous les rayons qui partent d'un point lumineux, & ils en laiffent affez paffer pour faire appercevoir les plus petits objets, s'ils font fuffifamment éclairez. Et à l'égard des vaiffeaux qui font plus éloignez de l'Axe de la Vûë, je demeure d'accord qu'il y en a quelques-uns dont les filets de fang font affez gros pour caufer quelque défaut de vifion, particuliérement à leur fortie de la bafe du Nerf-Optique, & dans les angles de leurs ramifications : mais ces défauts de Vifion étant beaucoup moins confidérables que celui qui fe fait fur la bafe du Nerf-Optique, puis que la

lar-

largeur de cette base est sept ou huit fois plus grande que l'épaisseur des plus gros filets de sang de ces vaisseaux, il s'ensuit qu'il est très-difficile de s'en appercevoir; & on sera persuadé de cette difficulté, si l'on considére qu'avant mon observation on ne s'étoit point apperçû de celui qui se fait sur cette base; & c'est pour ce sujet que je n'ai point parlé de ces petits défauts dans ma seconde Lettre à Monsieur *Pecquet*. On peut pourtant les remarquer, & c'est un fait que je dois établir aussi bien que les autres que j'ai avancez, c'est à dire, qu'il faut que je vous explique de quelle sorte vous pourrez observer tous les faits que je viens de supposer.

Pour cet effet ayez un Oeil bien frais, auquel avant que de l'ôter de l'orbite, on ait marqué deux lignes sur la Cornée, l'une verticale, & l'autre horisontale, se coupant à angles droits au centre de cette Membrane; & après avoir coupé le Nerf-Optique à fleur de la Choroïde, mésurez la circonférence de l'Oeil avec une petite bandelette de papier d'environ une ligne de largeur; marquez le milieu de cette bandelette avec un point noir, & posez cette marque sur le centre de la Cornée, & prenant de nouveau la mésure de la circonférence de l'Oeil selon l'une de ces lignes tracées, vous marquerez sur la Sclérotique le point où les extrémitez de la bandelette se rencontreront dans la partie opposée à la Cornée; faites la même chose à l'égard de l'autre ligne, & vous trouverez à fort peu près le point de l'axe de la Vuë dans la surface extérieure de la Sclérotique; percez l'œil en cet endroit avec une aiguille jusques à deux ou trois lignes de profondeur, & ayant ôté l'aiguille, mettez en sa place une petite épingle d'environ trois lignes de longueur, ou un petit clou à tête plate; coupez ensuite l'Oeil par la moitié, de la maniére que je l'ai expliqué dans ma seconde Lettre à Monsieur *Pecquet*, & vous verrez distinctement qu'il n'y aura aucun filet de sang dans l'endroit où le petit clou aura percé la Rétine, ni dans un espace assez considérable à l'entour (dans les yeux des Bœufs cet espace répond à l'ouverture oblongue de l'Uvée, & est à peu près d'une même figure & d'une même grandeur) vous verrez aussi la disposition des vaisseaux de la Rétine, à peu près comme ils sont représentez en la figure 1. à la page suivante, en laquelle le cercle ABCD représente la Rétine dans le fond de l'Oeil; le petit cercle *ae*, le base du Nerf-Optique; AEC, BED, les projections de deux lignes qu'on suppose se couper à angles droits au point E & représenter les Sections des plans qui passeroient par les deux lignes tirées sur la Cornée; E, le point où l'Axe de la Vûe perce la Rétine; *edc*, *afb*, deux des plus larges vaisseaux de la Rétine, dont les troncs sortent presque toujours du milieu de la base du nerf; *dl*, *fi*, deux petits rameaux de ceux qui sont les plus proches du point E: il est vrai que ces choses peuvent peuvent n'être pas précisément de même en toutes sortes d'Yeux; mais la différence en étant peu considérable, on ne laiss-

laiſſera pas d'en tirer les mêmes conſéquences. Il faudra lever enſuite l'humeur vitrée de deſſus la Rétine, & vous remarquerez que le ſang de ſes petits vaiſſeaux eſt d'un rouge très-vif : ce qui marque ſuffiſamque les Membranes qui le contiennent, ſont diaphanes & tranſparentes; car ſi elles étoient opaques, le ſang y paroitroit livide comme dans



les veines des autres parties du corps. Mais, pour être plus aſſuré de cette tranſparence, levez-en quelques filamens avec une aiguille, ce qui eſt facile, car ils ſont la plupart à fleur de la Rétine; mettez un petit carton par deſſous, & quand ils y ſeront joints, coupez-en les extrémitez, & regardez ce qui ſera ſur le carton avec un bon Microſcope : ces petits vaiſſeaux coupez vous paroitront à peu près comme la figure marquée 2, en laquelle la ligne noire F I L repréſente le filet de ſang, & tout le reſte eſt l'épaiſſeur de la Membrane, qui vous paroitra fort tranſparente, & beaucoup plus large que le filet de ſang.

Conſidérez maintenant la figure de l'Oeil marquée 3, en laquelle A B repréſente le Cryſtallin, C D l'ouverture de l'Uvée, $\alpha\,\beta\,\gamma$ un Cone de lumiére produit d'un ſeul point d'un corps lumineux, $\delta\,\varepsilon$ une partie de la ſurface antérieure de la Rétine proche de l'Axe, qui ſert de baſe au petit Cone $\delta\,\varepsilon\,\gamma$ partie du grand $\alpha\,\beta\,\gamma$: Or C D ouverture de l'Uvée eſt ordinairement de $\frac{4}{3}$ de ligne, & $\alpha\,\beta$ eſt à peu près de même largeur; $\beta\,\gamma$ eſt environ de ſix lignes $\frac{2}{3}$ ou $\frac{20}{3}$, & $\gamma\,\varepsilon$ d'un tiers de ligne : Mais comme $\beta\,\gamma$ $\frac{20}{3}$ eſt à $\alpha\,\beta$ $\frac{4}{3}$, ainſi $\delta\,\gamma$ $\frac{1}{3}$ eſt à $\delta\,\varepsilon$: Donc $\delta\,\varepsilon$ ſera environ $\frac{1}{15}$ de ligne. Mais, j'ai ſuppoſé que les petits filets de ſang

des plus petits vaiſſeaux n'avoient que la vingt-quatriéme partie d'une ligne de largeur. Donc $\delta\varepsilon$ ſera à l'épaiſſeur de ce petit filet de ſang, comme vingt-quatre à quinze ; & par conſéquent s'il ſe rencontre un petit vaiſſeau dans l'eſpace $\delta\varepsilon$, une partie conſidérable de ce Cone de lumiére paſſera deçà & delà du petit filet de ſang juſques à la Choroïde ; & ſi ce Cone de lumiére eſt produit par une étoile, on ne la perdra pas de vûë, quand même on pourroit fixer l'Oeil long-tems à un point indiviſible dans le Ciel. Mais, par ma troiſiéme ſuppoſition, l'œil eſt trop mobile pour cet effet, & il doit arriver que quand par hazard on auroit fixé l'Oeil à ce point, & que l'étoile auroit été vûë foiblement, l'impreſſion qui ſeroit reſtée de la vûë immédiatement précédente, & celle qui ſuivroit lors que l'Oeil ſe fixeroit ailleurs un moment après, feroit paroître cette étoile comme ſi on l'avoit toujours vûë également, ainſi qu'il a été dit du charbon ardent en la premiére Suppoſition ; & par conſéquent il eſt comme impoſſible qu'on s'apperçoive de ces défauts de Viſion, ni que dans une Vûë médiocrement oblique il paroiſſe qu'on ait perdu de vûë une étoile un peu conſidérable, lors qu'on en regarde une autre un peu à côté, quand même la Membrane tranſparente qui enferme le ſang auroit la réfraction ſemblable à celle de la Rétine : mais étant comme elle eſt d'une matiére ſulphurée, & par cette raiſon ſa réfraction devant être à peu près comme celle du Cryſtallin, il ſe fera une réfraction des rayons qui tomberont deſſus, & ils feront un petit foyer de lumiére ſur la Choroïde au deſſous du petit vaiſſeau au point γ, quand même il n'en ſeroit éloigné que d'un quart de ligne, ou encore moins ; à cauſe que la différence de réfraction de ces Membranes & de la Rétine étant fort petite, les rayons qui ſe rompent vers les extrémitez des petits vaiſſeaux, paſſent à côté des petits filets de ſang. Ceux qui ſavent les régles de l'Optique comprendront facilement cette raiſon, & ceux qui ne les ſavent point, pourront connoître la vérité de l'effet par l'expérience ſuivante.

Il faut avoir un tuyau de verre fort menu, comme d'une ligne, & l'emplir d'encre, en le trempant dedans ; & après l'avoir eſſuyé en dehors, il faut l'expoſer au Soleil, & mettre un petit papier fort près au deſſous, & on verra que le petit tuyau fera ombre de toute ſa largeur ſur le papier. Mais, ſi on met dans de l'eau très-claire le tuyau avec le papier, & qu'il ſoit expoſé de la même maniére au Soleil, on verra une petite lumiére réünie ſur le papier, directement au deſſous du tuyau ; & on pourra juger la même choſe à l'égard des petits vaiſſeaux de la Rétine : d'où il eſt facile de connoître, que lors que la Lune eſt vûë obliquement, on ne peut s'appercevoir d'aucun défaut de Viſion au ſujet de ces vaiſſeaux, parce que la Lune étant plus large de beaucoup qu'une étoile, ſa lumiére doit faire un foyer conſidérable paſſant par les Membranes tranſparentes de ces vaiſſeaux ; & la lumié-

re

re de ce foyer, aussi-bien que celle qui passe à côté de ces Membranes sur la Choroïde, ébranle les fibres des nerfs voisins où il ne tombe point de lumiére de la Lune sur la Choroïde, qui est d'environ $\frac{1}{16}$ de ligne, si la concavité du fond de l'Oeil est d'une sphére de sept lignes de rayon; & quand même les fibres des nerfs voisins ne seroient point ébranlées, on ne laisseroit pas de la voir, parce que cette lumiére n'étant pas encore réünie, lors qu'elle traverse la surface antérieure de la Rétine où sont les vaisseaux, elle y occupe un espace plus grand que la seiziéme partie d'une ligne. Par les mêmes raisons on ne verra point de défaut de Vision à l'égard d'un grand papier qu'on voit obliquement, où d'un autre objet d'une grandeur considérable; & par conséquent il n'y a point d'endroit dans la Choroïde au fond de l'Oeil où il ne se fasse quelque Vision. Pour l'observation des pertes des petits objets par l'interposition des plus gros filets de sang, voici comme je la fais.

Je prens un cercle de papier d'un pié de diamétre, représenté par le cercle QRXT dans la figure quatriéme, que j'applique contre un fonds obscur: je mets environ à deux piés de distance à droite, un petit papier fort blanc & fort éclairé d'un demi pouce de diamétre; & je m'éloigne de ces papiers, de dix piés plus ou moins, jusques à ce que fixant l'Oeil droit sur le plus proche bord du grand rond de papier, je perde de vûë le petit, & que le fixant aussi à l'autre bord opposé, il me disparoisse aussi: il ne faut pas que le petit papier soit à même hauteur que le centre du grand, mais il doit être environ quatre pouces plus bas; enfin j'augmente ou je diminuë ces distances, & je tâtonne jusques à ce que promenant mon Oeil sur la circonférence du grand papier, je perde toujours le petit, & que regardant un peu à côté comme vers les points Q, R, S, T, je le revoye; & alors je m'apperçois que vers les endroits marquez Y & Z, au dessus & au dessous du diamétre vertical de ce cercle, il y a un espace grand d'environ trois pouces, & de trois ou quatre lignes de largeur, où fixant l'Oeil, je perds encore le petit papier; ce que je ne peux attribuër qu'aux deux troncs des vaisseaux *afb*, *edc*,*(Fig. 1.) qui au sortir de la base du Nerf-Optique couvrent un espace de la Choroïde assez large, & en sont assez proches pour causer en cet endroit un défaut de Vision. Et pour m'appercevoir des défauts de Vision qui se font par l'interposition des gros vaisseaux *afb*, *edc*, dans quelques autres endroits plus éloignez de la base du Nerf, je me sers de deux ou trois bandelettes de papier, larges d'un demi pouce, & longues d'un pié, marquées en travers de plusieurs grosses raiës noires; je les applique sur le même fonds entre le grand & le petit papier environ deux piés plus haut à une distance de trois ou quatre pouces l'une de l'autre, & dans une situation verticale; & alors étant assis à la même distance qu'auparavant, & ayant la tête appuyée fermement, je parcours avec le même Oeil les raiës noires de ces papiers, & les intervalles blancs, & je rencon-

tre presque toujours quelque point, où fixant l'Oeil je perds de vûë le petit papier ; ce qui arrive à ce que je crois, lors que ses rayons tombent sur les angles des ramifications de ces gros vaisseaux *ab*, *ec*, ou dans leurs autres parties qui ont une largeur suffisante. J'ai fait plus de vingt fois cette expérience, & je puis vous assûrer y avoir presque toujours réüssi. Mais parce que lors qu'on fixe trop long-tems un Oeil sur quelque point, la vûë se trouble un peu, & on perd souvent de vûë un petit objet qui est beaucoup à côté : pour m'assurer que la perte que je faisois du petit papier ne procedoit pas de cette cause, je fermois l'Oeil un peu de tems, le tenant toujours dans la même situation ; & l'ouvrant tout-à-coup, je le fixois au point que j'avois remarqué, & souvent le petit papier me disparoissoit ; & le fixant ensuite un peu plus haut, ou un peu plus bas, je le revoyois : ce qui m'a suffisamment assuré qu'il se fait quelques défauts de vision par l'interposition des vaisseaux de la Rétine. Mais cette expérience est très-difficile, & je crois que peu de personnes auront la patience de la faire, & de s'accoutumer à fixer assez long-tems un Oeil à un point déterminé, ce qui est nécessaire : car si on ne l'y fixe qu'un moment, on croira avoir toujours vû le petit papier, suivant ce qui a été dit ci-dessus. Par ces expériences & par ces raisonnemens vous pouvez connoître que les vaisseaux de la Rétine me fournissent une preuve très-forte contre votre Systême : & puis que la Nature a affecté de ne point placer de ces vaisseaux vers l'endroit où se fait la vision directe, que ceux qu'elle a placez près de cet endroit sont très-peu larges, qu'ils ont tous leurs membranes transparentes, qu'ils sont éloignez de la Choroïde le plus qu'il a été possible, & que toutes ces précautions sont nécessaires pour empêcher des défauts considérables en la Vision, si la Choroïde en est le principal organe ; il faut croire que cette Membrane a été destinée pour cet usage, & c'en est une preuve très-forte, & qui pourroit suffire, quand même il n'y auroit point d'autres raisons plus convaincantes.

La plupart des faits que vous pósez, pour soutenir que la Choroïde n'est pas propre pour être l'organe de la Vision, & les conséquences que vous tirez de ceux dont je demeure d'accord, me semblent avoir peu d'exactitude. Mais sans m'arrêter à les considérer en détail, je me contenterai de dire ici les propriétez que j'ai remarquées en cette Membrane, & que vous pourrez remarquer comme moi si vous les observez avec la même méthode.

Après avoir levé doucement la Rétine de dessus la Choroïde d'un Oeil demi coupé, soit d'un homme, ou d'un oiseau ; j'expose le concave de cette derniére membrane à quelques objets terminez par des lignes droites, comme des Clochers, des Tours, des Cheminées, &c. & j'y vois toutes les extrémitez de ces objets, & tous leurs linéamens exactement représentez sans se confondre avec le bleu de l'air, en sorte qu'il

qu'il n'y a point de miroir concave qui puiſſe les repréſenter mieux : or c'eſt ce qui n'arriveroit pas, ſi la Choroïde étoit raboteuſe & inégale, comme vous le penſez. Il eſt vrai que ſi je la frotte avec le doigt, je briſe un enduit noir ou petite pellicule qui la couvre, qui eſt beaucoup plus délicate que l'épiderme de la peau de la main, & je ſalis par la noirceur de cet enduit une humidité aqueuſe & claire que la Rétine y laiſſe ; & alors il paroît ſur mon doigt de petits fragments noirâtres, mêlez avec une partie de cette humidité qui s'y attache, qui eſt ce que vous appellez une bouë noirâtre mal détrempée. Mais vous n'en pouvez tirer aucune conſéquence contre la poliſſure & l'égalité de la Choroïde ; lors qu'elle eſt en ſon état naturel, non plus que ſi vous aviez froté le vif argent qui eſt derriére un miroir, & qu'en s'attachant à votre doigt il vous parut inégal comme du ſable ; ou de la poudre groſſiére, vous ne pourriez conclure que ſa ſurface qui touche le verre ne fut très-polie & très-égale avant que vous y euſſiez touché : & je m'étonne que vous puiſſiez douter de cette égalité de la Choroïde, puis que le même raiſonnement que vous employez pour prouver que la ſurface antérieure de la Rétine eſt polie & égale, peut ſervir auſſi pour prouver la même choſe à l'égard de la Choroïde ; car la concavité de la Sclérotique étant polie, & la ſurface convexe de l'humeur vitrée l'étant auſſi, il eſt difficile que la Rétine & la Choroïde, qui ſont preſſées & ſerrées entre ces deux ſurfaces, ne s'accommodent à leurs figures. On peut connoître auſſi avec la ſimple vûë la poliſſure de la Choroïde ; mais elle paroît mieux dans les yeux des animaux à quatre piés, à cauſe qu'une grande partie de cette Membrane y eſt d'une couleur blanchâtre, qui la fait mieux diſcerner. Je ne détermine point ſi la Viſion ſe fait ſur cette premiére ſurface de la Choroïde, que vous appellez le tapis, ou ſi ce tapis ne ſert que d'épiderme ; car il eſt croyable que les fibres de la Pie-mére s'y étendent auſſi bien que dans le reſte de la Choroïde, puis que ſa partie noire & ſa partie blanchâtre ont une même continuité de fibres.

Après avoir examiné cette premiére ſurface, je léve la Membrane entiére, & je remarque que dans les yeux des hommes elle eſt mince & déliée comme une feuille de papier fin, c'eſt à dire, à peu près comme la Pie-mére dans le Cerveau. Je remarque auſſi, que dans la partie contiguë à la Sclérotique, il y entre pluſieurs petits vaiſſeaux remplis de ſang : mais ces petits vaiſſeaux s'y entrelaſſent ſi bien avec les parties nerveuſes, qu'il eſt difficile de les diſtinguer ; & par cette raiſon ils ne peuvent non plus empêcher l'impreſſion de la lumiére ſur cette Membrane, que les vaiſſeaux qui s'étendent & ſe répandent dans la peau de la main, n'empêchent pas que le feu ne produiſe en toutes ſes parties le ſentiment de la Chaleur, & que la pointe d'une aiguille n'y faſſe ſentir ſa piquûre en quelque endroit qu'on l'y applique, ſans que l'épiderme inſenſible qui la couvre, ni les petits vaiſſeaux pleins de

ſang, ou d'autre liqueur, qui y ſont répandus, puiſſent nuire à ces ſentimens; & même il arrive quelquefois qu'un des doigts de la main devient pâle & décoloré, & alors il n'a pas le ſentiment ſi vif que les autres, comme ſi le ſang contribuoit au ſentiment en échaufant les Nerfs, ou par quelque autre propriété. A l'égard de la noirceur qui paroît dans la Choroïde, elle eſt abſolument néceſſaire pour une Viſion exquiſe, comme je l'ai prouvé dans ma ſeconde Lettre à Monſieur *Pecquet*: & vous ſavez auſſi bien que moi, que ſi on expoſe du marbre blanc & du marbre noir au Soleil en Eté, le noir deviendra beaucoup plus chaud que le blanc; & que lors qu'on ne peut allumer du papier blanc au Soleil avec un verre convexe, on n'a qu'à le froter d'encre, ou le ſalir avec du ſuc de quelque herbe, ou de quelque autre choſe, pour y faire voir le feu preſque en un moment.

J'avois fait deſſein de montrer ici que la Choroïde a plus de communication avec le Nerf-Optique, & enſuite avec le Cerveau, que la Rétine; mais parce que vous pourrez voir les raiſons que j'en donne dans ma ſeconde Lettre à Monſieur *Pecquet*, j'ai crû que ce ſeroit une choſe inutile de les répéter. Il me ſuffit de dire, que ſi par le Nerf-Optique vous entendez ſa moëlle, l'objection que vous me faites qu'il n'a point de commerce avec la Choroïde, eſt une pétition de principe, puis que je ſoutiens que cette partie du Nerf-Optique eſt inſenſible à la lumiére.

Je ne m'arrêterai pas auſſi à redire les raiſons qui ſont dans la même Lettre, pour montrer que la Rétine n'eſt pas propre pour être l'organe de la Viſion. J'ajouterai ſeulement, que ſa premiére ſurface étant conſidérée comme indiviſible, eſt un Etre Mathématique, qui ne peut produire ni recevoir aucun effet naturel; & qu'étant conſidérée comme ayant quelque épaiſſeur, les petits vaiſſeaux remplis de ſang qui s'y rencontrent, y cauſeroient des défauts conſidérables de Viſion, parce que les Cones de lumiére s'y termineroient, outre que ſa molleſſe la rend mal propre à tranſmettre au Cerveau les impreſſions de la lumiére, au lieu que la Choroïde eſt très-bien diſpoſée pour cet effet. On en voit l'expérience dans une longue piéce de bois, ou dans une longue corde tenduë: car la corde & la piéce de bois tranſmettent facilement de l'une de leurs extrémitez à l'autre, l'impreſſion du choc qu'elles reçoivent, ce que ne pourroit faire que très-foiblement un long amas d'une matiére ſemblable à la mucoſité dans les organes des autres ſens, qui ont tous beaucoup de raport à la Choroïde: ce qui doit faire juger que toutes les ſenſations ſe font par le moyen des membranes qui procédent de la Pie-mére deſquelles les Nerfs ſont revétus, & que la moëlle du Nerf ne ſert qu'à contenir les eſprits, ou les ſubtiles liqueurs, qui ſervent aux mouvemens, & à quelques autres uſages.

Il ne me reſte donc plus, Monſieur, qu'à parler des deux cauſes que

que vous apportez du défaut de Vision qui se fait sur la base du Nerf.

La premiére est presque semblable à l'une de celles que donne Monsieur *Pecquet*, sinon qu'au lieu d'une houpe de petites fibres qu'il fait sortir de la base du Nerf, vous la couvrez d'un fagot de fibres serrées. Mais cette hypothêse est contraire aux observations, car ces fibres n'ont jamais été apperçûës de personne. J'ai manié & pressé entre mes doigts plusieurs Rétines de plusieurs sortes d'Animaux; je les ai regardées avec d'excellens Microscopes, & je n'y ai jamais pû remarquer qu'une mucosité uniforme, sans autres filamens que ceux des petites veines & Artéres: & c'est en conséquence de ces observations que je nie l'existence de la premiére cause que vous donnez du défaut de Vision qu'on remarque dans mon expérience.

Je nie aussi l'existence de la seconde, c'est à dire, que je soutiens qu'il ne passe dans l'Oeil aucune lumiére sensible par derriére au travers des Nerfs-Optiques. La raison est, que la lumiére qui a fait plusieurs réflexions, est plus foible que la lumiére directe: or si je couvre exactement mes deux yeux avec mes deux mains, & que je les tienne fermez en même tems, j'apperçois une obscurité aussi entiére en me tournant vers un objet fort éclairé, qu'en me tournant vers un lieu très-obscur. Cependant la chair des mains & les paupiéres ne sont pas plus épaisses, & sont aussi transparentes que les muscles de l'Oeil, & que les fibres & les envelopes du Nerf-Optique; & par conséquent la lumiére devroit passer directement avec autant de facilité à travers les mains, & à travers les paupiéres, qu'à travers les muscles de l'Oeil, & ensuite par réflexion à travers le Nerf-Optique: d'où je conclus qu'il ne peut passer par derriére aucune lumiére sensible à travers la base de ce Nerf.

Il m'est encore facile de prouver que si ces causes étoient véritables, c'est à dire, s'il y avoit un vaisseau de fibres qui étoupât la base du Nerf-Optique, ou s'il y passoit une lumiére considérable par derriére; ces choses supprimeroient aussi bien la Vision dans le reste de la surface antérieure de la Rétine, que dans le petit cercle qui répond directement à cette base: car puis que cette petite surface circulaire n'est pas moins polie que celle où passe l'axe de la Vûë, puis qu'elles sont également contiguës à l'humeur vitrée; l'impression que l'une reçoit de la lumiére ne s'étendroit pas plus facilement que celle que reçoit l'autre à travers ce faisseau de fibres, pour se communiquer au Cerveau; & le mouvement précipité des esprits Visuels, que vous supposez en cet endroit, n'empêcheroit guére moins leur tranquilité vers l'axe de la Vûë, que vers la partie qui est directement exposée à ces fibres serrées. Il m'est encore impossible de comprendre comme il se pourroit faire que la lumiére qui passeroit par derriére par l'ouverture que laisse la Choroïde, ne pût faire son impression que précisément

ment ſur la partie de la ſurface de la Rétine qui lui correſpond, puiſqu'y entrant par réflexion, elle s'étendroit obliquement de tous côtez. On en voit l'expérience lors qu'on laiſſe entrer par un très petit trou dans une chambre fermée la lumiére qui ſe réfléchit ſur quelque maiſon oppoſée: car ſi on met un papier blanc vis-à-vis de ce petit trou, à deux ou trois piés de diſtance; on verra des images obſcures des diverſes parties de la maiſon ſur les parties du papier qui ſont à côté, auſſi bien que ſur celle qui lui eſt directement & préciſément oppoſée. On pourra remarquer auſſi, que les objets qu'on ne pouvoit diſtinguer dans la chambre avec cette foible lumiére, ſeront facilement diſtinguez quand on ouvrira les fenêtres: ce qui détruit entiérement votre ſeconde cauſe. &c.

F I N.

TRAITÉ
DU
NIVELLEMENT.
AVEC
LA DESCRIPTION
DE QUELQUES NIVEAUX
nouvellement inventez

Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Royale des Sciences.

Imprimé sur la derniére & la plus compléte Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

TRAITÉ DU NIVELLEMENT.

DEFINITIONS.

I.

DEux points ſont dits être de niveau entr'eux, lors qu'ils ſont également diſtants du centre de la terre; & un rectangle eſt dit être de niveau, ou poſé horiſontalement, lors qu'une ligne tirée du centre de la terre au point où s'entrecoupent les diagonales du rectangle, eſt perpendiculaire au plan du rectangle; & ce point ſera dit point d'attouchement.

II.

Lors qu'un plan touche une ſphére qui a pour centre le centre de la terre, chaque point pris dans ce plan eſt dit être dans un même plan de niveau avec le point d'attouchement.

III.

Un point eſt dit avoir ſon apparence dans le plan du niveau, lors qu'il paroît dans ce plan; ſoit qu'il y ſoit réellement, ou que les refractions l'y faſſent paroître.

SUPPOSITIONS.

I.

Si l'on verſe de l'eau au point d'attouchement d'une ſurface horiſontale d'un corps auquel l'eau ne s'attache pas facilement, elle ſe mettra de niveau; c'eſt à dire, que lors qu'elle ſera calme & arrêtée, tous les points pris en ſa ſurface ſupérieure ſeront également diſtants du centre de la terre, hormis vers ſes extrémitez, où elle prendra une figure courbe fort convexe. Comme, ſi la ligne mixte ABCD eſt la ſection d'un plan & d'une ſurface d'eau étenduë ſur une ſurface plane horiſontale; tous les points pris en la partie BC, ſeront de niveau entr'eux: mais les extrémitez AB, CD, auront une courbure convexe; & la plus grande épaiſſeur que puiſſe prendre l'eau verſée ſur cette ſurface, ſera d'environ une ligne & demi, qui eſt la huitiéme partie d'un pouce; & la courbure AB ou CD, n'excédera pas un pouce. Que ſi l'on verſe davantage d'eau, & qu'elle s'étende comme juſques en L & en M, tous les points que l'on prendra en GBECH, ſeront auſſi de niveau entr'eux, & GL & HM prendront une courbure ſemblable à cel-

TAB. XXII. Fig. 1.

celle de AB. Que si la surface où l'eau est versée, est de bois, ou de quelque autre matiére où l'eau s'attache, l'eau s'étendra d'elle-même peu à peu, quoiqu'on n'y en verse point de nouvelle, & diminuëra d'épaisseur ; ce qu'on évitera, si on met de la cire aux extrémitez M & L, ou quelque autre matiére séche & grasse: mais GBECH étant partie d'une circonférence d'un grand cercle dont le rayon est le demi diamétre de la terre, sera prise pour une ligne droite, lors qu'elle n'excéde pas cinq ou six piés, puis qu'il n'y peut avoir aucune sensible différence entre cette ligne courbe & sa tangente au point E, supposé également distant de G & H.

II.

Si l'on met de l'eau dans un vaisseau de bois, comme ABCD, la ligne EF étant dans la surface de l'eau ; lors que l'eau aura humecté peu à peu les parties vers G & I, elle prendra vers ses extrémitez E & F une courbure concave comme GH, IL; mais le reste HL aura toutes ses parties de niveau entr'elles, & EH, ou FL, n'excédera pas un pouce. TAB. XXII. Fig. 2.

III.

Si un plan est incliné à un plan de niveau au point d'attouchement, l'eau qu'on versera sur ce plan coulera vers le plan de niveau. AB représente le plan de niveau, & DC le plan incliné ; C est le point commun des deux sections : l'eau coulera de D vers C, si elle est en quantité suffisante. Ces trois suppositions se prouvent facilement par l'expérience. TAB. XXII. Fig. 3.

IV.

Les points qui sont dans un même plan de niveau également distans du point d'attouchement, sont de niveau entr'eux ; mais ceux qui en sont inégalement distans, sont inégalement distans du centre de la terre, & ne sont pas de niveau entr'eux.

LEMME.

Si l'on verse de l'eau ou une autre liqueur à l'extrémité d'un parallellogramme de niveau d'une telle matiére qu'elle ne s'y attache point, elle coulera vers le point d'attouchement. Soit BEGNDC la commune section d'un parallelogramme de niveau & d'un grand cercle de la terre HGI, dont A est le centre & G le point d'attouchement : & du centre A soit décrit le cercle FED, de l'intervalle AD ; & le cercle NO, de l'intervalle AN ; & LDM & PNQ soient les touchantes aux points D & N. Or DC étant inclinée à LDM au point D, l'eau coulera de C en D, par la troisiéme Supposition ; & de D en N, par la même supposition ; & ensuite vers G point d'attouchement de la ligne BC & du cercle HGI, puis qu'on peut décrire toujours d'autres cercles entre NO & GI, qui seront coupez par la ligne TAB. XXII. Fig. 4.

 GC,

GC; & par conséquent elle sera toujours inclinée aux touchantes en ce point, & l'eau coulera jusques au point G, qui est le plus près du centre A : mais si on verse l'eau fort près de G en petite quantité, & qu'elle s'attache à la matiére; cet attachement pourra surpasser son impulsion du côté de G, & l'empêcher de couler au commencement qu'elle sera versée.

DESCRIPTION DU NIVEAU, ou instrument pour niveller.

TAB. XXII. Fig. 7. CE niveau est un petit Canal de bois d'une seule piéce, représenté en la 7ᵉ. figure. A B, largeur du niveau, est de 4 ou 5 pouces; sa longueur B C est depuis 2 piés jusques à 5 ou 6 ; sa hauteur A D, de 2 ou 3 pouces ; son épaisseur par en bas, E F, est d'un demi pouce; & I L, épaisseur des côtez, est d'environ 3 lignes, afin qu'il reste environ 4 pouces pour la largeur de la surface O G, sur laquelle on doit verser de l'eau pour niveller. Cette surface doit être enduite de cire près de ses extrémitez selon toute sa largeur, & de la longueur d'environ 4 ou 5 pouces, comme depuis H jusques à M & de N jusques à P, ensorte que si un plan perpendiculaire à cette surface la coupe par le milieu en sa longueur, la section de la cire & de la surface soit comme en la figure 8ᵉ, où A B E F C D est la section de la surface sur laquelle on verse l'eau ; la hauteur & la longueur de la cire est représentée par les triangles B G E, C H F; sa figure solide est comme le coin I L en la 5ᵉ. figure ; A B ou C D, distance des extrémitez du niveau jusques à la cire, est de 4 ou 5 pouces ; & B G ou C H est d'une ligne de hauteur , afin que l'eau étant versée sur le niveau jusques à ce qu'elle s'étende en M & N , sa surface supérieure représentée par la ligne ponctuée O P , soit plus élevée que les points G & H, puis que par la premiére Supposition elle aura plus d'une ligne de hauteur. (TAB. XXII. Fig. 8.)

Or si l'on verse de l'eau doucement dans le milieu de ce niveau posé à peu près horisontalement , elle s'étendra peu à peu vers les extrémitez ; & si l'on voit qu'elle coule plus d'un côté que de l'autre , il faudra élever l'extrémité la plus basse avec de petits coins de bois , & faire ensorte que l'eau aille de part & d'autre jusques sur la cire , à peu près en égale distance de G B & C H; & parce que l'eau ne s'attache pas facilement à la cire , elle s'y arrêtera sans couler plus loin, & rien n'empêchera que l'on ne voye tout le long de sa surface supérieure qui sera de niveau, à la reserve de ses extrémitez vers M & N, & joignant les côtez du niveau , par la premiére & seconde Supposition. Il n'est pas nécessaire d'observer précisément toutes les mésures ci-dessus, & l'on y peut un peu ajouter ou diminuer.

USAGE DE CE NIVEAU.

SI l'on veut trouver deux points de niveau éloignez l'un de l'autre d'environ 200 piés, il faut placer le niveau au milieu de la distance; & après l'avoir tourné du côté des points à niveller, en sorte qu'un plan passant par ces points coupe le niveau selon la longueur, on y versera l'eau, comme il a été dit ci-dessus; puis on taillera une petite bande de papier ou de carton blanc, qui ait les angles droits & les côtez opposez parallelles, longue d'environ 12 pouces, & large de deux, comme ABCD, près du milieu de laquelle on tirera deux lignes noires parallelles à AB, comme FE, GH, distantes de 2 ou 3 pouces l'une de l'autre, & on les grossira jusques à la largeur d'environ 2 ou 3 lignes; après on fera porter ce papier vers l'un des points qu'on voudra niveller, & le faisant tenir perpendiculairement à l'horison, ensorte que les lignes FE, GH, qu'on appellera les signes, soient à peu près horisontales, on le fera hausser & baisser, jusques à ce que tenant l'œil environ à un demi pié de distance du niveau, & un peu plus haut que la surface de l'eau, l'on voye dans l'eau l'image du signe supérieur, & non celle du signe inférieur, & que les trois signes noirs qui paroitront, savoir les deux du papier & l'image du supérieur, soient apparemment en égales distances entr'eux, ce que l'on observera facilement, si l'œil étant suffisamment baissé, on fait baisser le papier, au cas que le troisiéme signe, qui est l'image du supérieur, paroisse trop éloigné de celui du milieu, ou qu'on le fasse hausser s'il en paroît trop proche; & lors qu'on les jugera tous trois en distances égales, le milieu de la largeur du signe inférieur sera dans un même plan de niveau avec le milieu de la surface de l'eau, & si l'on marque contre un mur, ou ailleurs, un point de même hauteur que ce milieu du signe inférieur, ce sera un des points requis: l'on fera de même de l'autre part, & l'on aura deux points distants entr'eux de 200 piés, également distants du centre de la terre.

TAB. XXII. Fig. 6.

DÉMONSTRATION.

AB est une ligne de commune section d'un plan vertical, & de la surface horisontale de l'eau qui est dans le niveau; la ligne CD, perpendiculaire à l'horison, est la section de la bande de papier où sont les signes par le même plan vertical; E & C sont des points dans le milieu des signes. Or si l'on suppose que la ligne AB comme droite soit continuée en E, & que l'œil soit en F; un rayon de C tombant sur l'eau en G, se réfléchira en F, si l'angle CGE est égal à FGA, & le point C sera vû par réflexion au point D, & DE sera égal à CE par les principes d'Optique. Que si l'œil est reculé en L, ou abaissé

TAB. XXIII. Fig. 9.

en H, il verra l'image du point C en D selon la ligne LHID; & plus l'œil sera proche de l'eau, ou éloigné de CD, plus le point d'intersection du rayon visuel & de la ligne AE s'approchera du point A: comme, s'il est en M, ce point sera N dans la surface de l'eau qui est dans le niveau, & ED paroitra toujours égale à EC, & par conséquent le point E, qui est au milieu du signe inférieur, sera dans le même plan horisontal que la ligne AB, ou que le plan touchant la ligne AB au point N, qui dans une distance comme de cent piés, peut être pris pour une même chose, puisque la différence n'est pas $\frac{1}{27}$ de ligne, suppofant le demi diamétre de la terre de 20000000 piés, laquelle différence est insensible. Mais quand par quelque cause naturelle inconnuë, le point E paroitroit plus haut que le juste niveau, le point à niveller de l'autre part paroitra aussi plus haut; si plus bas, l'autre paroîtra aussi plus bas dans les mêmes proportions: donc ils seront toujours dans un même plan de niveau; & étant également distans du point N, ils seront également distans du centre de la terre par la quatriéme Supposition.

Ceux qui n'entendent pas les démonstrations, & qui ont quelquefois remarqué, que lors qu'une eau dormante bat contre un mur de pierre de taille, les jointures des pierres paroissent aussi enfoncées sous l'eau qu'elles sont élevées au dessus, soit qu'on en soit loin ou près, & à quelque distance que les yeux soient de l'eau; pourront connoître la certitude & la justesse de ce nivellement, & que l'image du point C, doit toujours paroître autant au dessous de la ligne AE, qu'il est élevé au dessus.

Que si l'on objecte qu'on ne peut juger précisément quand le point E est également distant de D & C; l'on répond que l'excès, ou le défaut, s'il y en a, sera moindre qu'une demi ligne dans une distance de 100 piés: car si dans une même bande de papier blanc on met trois lignes parallelles A, B, C, en égales distances d'un pouce, & trois autres D, E, F, en inégales distances, dont la différence soit d'une ligne; l'on connoitra facilement la distance inégale EF. De même, si ABE est une ligne de niveau de 100 piés, & AB, section de l'eau du niveau, une ligne de 2 ou 3 piés; & qu'on éléve la ligne CD d'une demi ligne, ensorte que le point E soit comme en F: le point C sera aussi élevé d'une demi ligne comme en G; & l'image du point F paroitra comme en H, EH étant d'une demi ligne; & HI étant égale à GF, l'image du point G paroitra en I. Donc FI excédera FG d'une ligne entiére, lequel excès est facilement discerné d'une distance de 100 piés: donc l'erreur sera toujours moindre que FE égale à une demi ligne; & dans les autres distances à proportion, si on augmente la largeur des signes & leurs intervalles à proportion des distances. On peut encore objecter que les lignes EC & ED étant vuës du point M, l'angle EMC sera plus grand que l'angle EMD, ce qui doit faire paroître EC plus

TAB. XXIII. Fig. 10.

TAB XXIII. Fig. 11.

TAB. XXII. Fig. 9.

plus grand que E D. A cela on répond que cette différence d'angle eſt inſenſible, & que puis que l'œil en M ne doit être élevé qu'environ une ligne au deſſus de la ſurface de l'eau A B, cette élévation n'empêche pas qu'on ne juge à fort peu près de l'égalité de ces lignes. Lorſqu'on fait pluſieurs nivellemens de ſuite, il faut à chaque fois verſer l'eau du niveau par un des bouts, qu'on eſſuiera enſuite exactement avec un linge; car autrement l'eau couleroit hors du niveau, quand on y en verſeroit pour faire un ſecond nivellement.

Lors que les diſtances excédent 30 toiſes, il faut ſe ſervir au lieu de papier, d'un petit ais long de 3 ou 4 piés, & large de 4 ou 5 pouces, ſur lequel, ſi le fonds eſt noir, on colera, ou on attachera deux bandes de papier blanc larges d'un demi pouce, & d'un intervalle de 4 ou 5 pouces pour ſervir de ſignes; & on obſervera que ces ſignes ſoient plus éloignez des extrémitez de l'ais qu'ils ne ſont entr'eux, pour faire bien diſcerner l'image du ſigne ſupérieur: ces ſignes ſeront parallelles les uns aux autres, & on tirera une ligne noire dans le milieu de l'inférieur, pour marquer le vrai endroit du niveau; il y aura un manche au haut de l'ais pour le tenir plus commodément perpendiculaire à l'horiſon. Il faut augmenter la largeur & la diſtance des ſignes, lors que les diſtances des points à niveller ſont plus grandes. Que ſi ces diſtances excédent 400 toiſes, il faudra ſe ſervir d'une perche, au haut & vers le bas de laquelle, on ſuſpendra deux petits ais larges de huit ou dix pouces, & longs d'environ 2 piés, éloignez l'un de l'autre de 8 ou 10 piés, pour ſervir de ſignes; leſquels ais ſeront blancs ou noirs, ſelon le fonds qui ſera par derriére; & on augmentera la grandeur de ces ais & leurs intervalles, juſques à ce qu'on puiſſe diſcerner la réflexion du ſigne ſupérieur.

On ſe perfectionnera par l'uſage dans la facilité de ſe ſervir de ce niveau; & pour vérifier ſon exactitude, on choiſira une eau dormante d'environ 60 ou 80 toiſes de longueur; & après avoir élevé le niveau ſur le bord de l'eau, en ſorte qu'un pendule mis à l'extrémité du niveau trempe dans l'eau, on méſurera la hauteur depuis l'eau dormante juſques à la ſurface ſupérieure de l'eau du niveau marquée par un point à l'extrémité du niveau, comme le point X dans la figure ſeptiéme: après on poſera un bâton vers l'autre bord de cette eau dormante, en le plantant perpendiculairement ou à peu près; & on fera couler l'ais avec les ſignes blancs ou noirs le long du bâton, juſques à ce qu'on ait trouvé le point de niveau, comme il a été enſeigné ci-deſſus: enſuite on méſurera avec le pendule la diſtance du milieu du ſigne inférieur juſqu'à l'eau, & ſi on la trouve à peu près égale à la premiére méſure, on ſera aſſuré de la bonté du niveau.

On peut auſſi, faute d'eau dormante, vérifier cette juſteſſe en prenant trois points éloignez l'un de l'autre de 100 ou 120 toiſes. Car, ſi on nivelle le premier & le deuxiéme, puis après le deuxiéme & le

troi-

troisiéme, & enfin le troisiéme & le premier ; & qu'on trouve le même premier point en ce dernier nivellement à 7 ou 8 lignes près ; on sera assuré de la bonté du niveau, & du nivellement, du moins si on fait plusieurs semblables expériences : car encore que le nivellement ne fût pas juste, il pourroit arriver que, si dans les deux premiers nivellemens on avoit pris trop haut de 3 ou 4 piés, on prendroit trop bas de 3 ou 4 piés au dernier, & par ce moyen l'une des erreurs récompenseroit l'autre. On connoitra par ces mêmes expériences les défauts des autres niveaux.

Le défaut ordinaire des niveaux qui sont le plus en usage, est, qu'ils ne déterminent pas un point certain ; soit qu'on regarde par des fentes, ou par de petits trous, ou le long d'une surface plane ; ou qu'on se serve de deux filets tendus horisontalement : lequel défaut procéde de ce que la prunelle de l'œil a quelque largeur, & que l'on ne peut discerner lors que son centre est en une même ligne droite avec deux points visibles.

Le Chorobate décrit par Vitruve en son *huitiéme Livre*, *Chapitre sixiéme*, a encore un autre défaut, qui est, qu'on ne peut juger précisément quand la surface de l'eau est le long de la ligne qui y est marquée ; parce que l'eau faisant une concavité près de cette ligne par la seconde Supposition, on ne peut reconnoître l'extrémité supérieure de cette concavité. D'ailleurs, supposant, comme il fait, la longueur du Chorobate de 20 piés, il sera difficile de l'empêcher de se courber par son poids, s'il est peu épais ; & s'il l'est beaucoup, il sera incommode à transporter d'un lieu à un autre, & il ne laissera pas de se courber un peu, même la chaleur du Soleil lui fera perdre sa rectitude : en tous lesquels cas il sera sujet à de grandes erreurs, sans celle qui doit arriver lors que les points de mire, c'est à dire les fentes, ou les petits trous au travers desquels on regarde les objets à niveller, ne sont pas en une ligne paralléle à la surface de l'eau. La double équiére dont on se sert ordinairement, semblable à la lettre T, & qui est le même Chorobate décrit par *Vitruve*, lors qu'au lieu d'eau on se sert d'un pendule, a aussi de grands défauts ; car il est très-difficile de faire ensorte que la ligne qui est tracée le long de la régle où doit battre le fil du pendule, soit précisément à angles droits sur l'autre régle. Il est encore plus difficile de mettre cette ligne parfaitement perpendiculaire à l'horison ; car cela consiste en un point indivisible, de la même sorte qu'on ne peut faire tenir debout une épée par sa pointe sur un miroir bien uni : & quand par hazard on auroit mis cette ligne à plomb, on ne le pourroit connoître qu'à peu près, parce qu'il est impossible de discerner si le centre de l'œil, le fil du pendule, & cette ligne, ou le point qui sera marqué vers son extremité inférieure, sont en un même plan ; & s'ils ne sont pas en un même plan, il se fera parallaxe, ce qui empêchera de connoître la juste position de cette ligne. Il y aura encore

du

du doute si les points de mire sont dans un même plan parallelle au plan de la régle horisontale : outre que le plomb est presque toujours en mouvement, tant à cause du vent, que par celui qu'on lui donne en l'ajustant, qui ne s'arrête de long-tems ; & si le plan de l'autre régle n'est pas perpendiculaire à l'horison, il arrivera, ou que le fil du pendule s'en éloignera trop, ou qu'il s'appuyera contre, & s'arrêtera ailleurs que dans son vrai point, & souvent les vibrations se feront de travers ou en ovale, tant parce que le fil est tors, que par d'autres causes : toutes lesquelles choses empêcheront de connoître la juste situation de ce niveau, quelque exactitude qu'on y puisse apporter ; & si on est peu exact, le nivellement sera fort défectueux.

On trouvera de semblables défauts, à peu près, dans les autres niveaux qui sont en usage. Et il est facile de juger, qu'ils doivent être beaucoup au dessous de la justesse & de la certitude de celui qui est décrit ci-dessus : parce que l'eau se met toujours d'elle-même en un parfait niveau ; que l'angle de réflexion est toujours égal à celui d'incidence ; & qu'on ne manque jamais à discerner, à fort peu près, si les distances de trois lignes parallelles peu éloignées l'une de l'autre, sont égales entr'elles ou non. Que si on ne veut rien donner à l'estime, & qu'on veuille niveller dans une parfaite précision ; on ajoutera à ce niveau des lunettes d'approche, comme il sera enseigné ci-après.

Lors qu'on nivelle à la campagne, il fait ordinairement du vent, qui fait rider le haut de l'eau du niveau, de maniére qu'on ne peut pas discerner nettement l'image du signe supérieur. Pour remédier à ce défaut, il faut couvrir le niveau avec un autre canal un peu plus large & plus long, & creux d'environ un pouce ; & par ce moyen l'eau demeurera calme, & sans rides, si le vent est foible, & qu'il vienne de travers, ou par derriére. On attachera aussi à l'extrémité de cette couverture qui passe au delà du niveau, une feuille de carton, ou autre chose semblable, du côté que vient le vent, s'il est un peu fort, afin qu'il ne se rabatte pas dans le canal. Que si le vent enfiloit directement le canal, on pourra mettre une glace de miroir bien fine un peu au delà de la cire, à travers de laquelle on verra les objets très-distinctement, & on attachera un petit quarré de carton au haut de la couverture, qui descendra un peu plus bas que le haut du verre ; ce qui mettra suffisamment l'eau du niveau à couvert. Mais, parce que les surfaces de ces glaces de miroirs sont rarement bien planes & parallelles, il faudra les éprouver en un lieu où il ne fasse point de vent, & les mettre en sorte qu'on voye au travers la même égalité de distance des signes entr'eux, qu'on voyoit sans le verre. Pour faire cette épreuve juste, il faut faire une renure au fond & aux côtez du niveau un peu au delà de la cire, pour y mettre un petit quadre de fer blanc ou d'autre matiére qui portera le verre, qui doit être rond, & qu'on tournera de tous côtez, jusques à ce qu'il fasse un bon effet ; & on mar-

quera cette situation, pour le mettre toujours de même, ou pour l'y affermir. Mais si on ne veut pas se servir de verre dans le doute qu'il pourroit causer de l'erreur, on ne nivellera pas droit à l'objet d'où vient le vent, mais on nivellera un autre objet à côté, & ensuite on fera un second nivellement vers l'endroit à niveller; & par ce moyen le vent ne pourra nuire, pourvû qu'il soit foible: mais s'il est médiocre, il faudra, avant que de mettre l'eau dans le niveau, le poser sur un ais plus long d'environ 2 piés, & de 12 ou 15 pouces de largeur; & après avoir tout préparé comme il est dit ci-dessus, on couvrira l'ais & le niveau d'une couverture de bois legers, semblable à une caisse sans couvercle, un peu moins longue & large que l'ais, & d'environ un pié de hauteur. On y fera une ouverture quarrée de 3 ou 4 pouces à chaque extrémité, pour pouvoir regarder le long de l'eau les objets à niveller: on pourra même ajuster quelque petite piéce de cuir ou de toile à l'ouverture du côté de l'œil, qui se serrera comme une bourse à l'entour d'un petit tuyau d'environ un pouce de largeur, de maniére que l'œil s'appliquant à ce tuyau pour regarder le long de l'eau, il ne puisse entrer de vent de ce côté là. On fera, si l'on veut, cette couverture de toile un peu épaisse, qu'on soutiendra au dessus du niveau, par le moyen de plusieurs petits bâtons plantés sur les bords de l'ais, & élevez perpendiculairement; & par le moyen de ces couvertures le niveau sera suffisamment à l'abri du vent, pourvû que le vent ne soit que médiocre, ou un peu plus que médiocre: car s'il est grand & violent, il est difficile d'empêcher qu'il ne donne quelque mouvement à l'eau, & il ne faut pas alors entreprendre de niveller.

On peut mettre du vif argent dans le niveau au lieu d'eau, après l'avoir passé au travers d'un linge, ou d'une peau de Chamois pour en ôter la crasse: mais au lieu de cire, il faudra coller sur le fond du niveau un petit filet de bois d'une ligne de hauteur, pour empêcher le vif argent de couler; & on aura cet avantage, que le vent ne fera pas si facilement rider sa surface, & qu'il représentera mieux l'image du signe supérieur; & pour empêcher qu'il ne se perde en coulant hors du niveau, (car il faut être bien exact pour l'empêcher) on suspendra vers ses extrémitez de petits vaisseaux de bois pour le recevoir.

Dans les grandes distances, comme de 1000 toises & au delà, l'extrémité de la tangente qui est dans le plan de niveau, est sensiblement plus éloignée du centre de la terre que le point où elle touche le milieu de l'eau du niveau, comme on peut voir par la 4[e]. figure, où G D est la tangente, & G le point d'attouchement. Pour calculer cette différence, qui n'est autre chose que R D, différence du rayon A R, & de la sécante A D; il faut reduire en piés le demi diamétre de la terre, & à son quarré ajouter le quarré de la distance à niveller reduite aussi en piés, & de la somme tirer la racine quarrée, de laquelle étant ôté le demi diamétre de la terre, le reste sera cette différence précisé-

TAB. XXII. Fig. 4.

ment.

ment. Pour abréger ce calcul, après avoir trouvé le quarré de la diſtance nivellée, il faut le diviſer par 40000000 piés, qu'on ſuppoſe être le diamétre entier de la terre, & le quotient ſera la différence requiſe à fort peu près; comme, ſi la diſtance eſt de 5000 piés, ſon quarré eſt 25000000, lequel étant diviſé par 40000000, donne pour quotient $\frac{5}{8}$ de pié ou 90 lignes, qui eſt la différence requiſe.

Ce calcul eſt fondé ſur la 36. du troiſiéme d'*Euclide*, excepté qu'on ne conſidére pas le petit quarré de $\frac{5}{8}$ ſavoir $\frac{25}{64}$ comme de peu d'importance à l'égard de 25000000.

Il faut remarquer que ſi on augmente la diſtance des points à niveler par intervalles égaux, comme 500 piés, 1000 piés, 1500 piés, 2000 piés, &c. juſques à 5 ou 6 lieuës, les différences des ſécantes & du rayon augmenteront à fort peu près comme les quarrez des nombres de ſuites 1, 2, 3, 4, &c. ce qu'on peu connoître dans les tables des Sinus. Comme, ſi la diſtance de 500 piés donne de différence une ligne, celle de 1000 piés donnera 4 lignes, celle de 1500 piés 9 lignes; &c. Et parce que la grandeur du diamétre de la terre eſt environ 40000000 piés, une lieuë donnera 5 piés 8 pouces quelques lignes, 2 lieuës le quadruple de ces 5 piés 8 pouces, &c. ce que pluſieurs qui ſe mêlent de niveller ne conſidérent nullement.

Il eſt encore néceſſaire de ſavoir que dans les grandes diſtances un même objet paroît de différentes hauteurs par les refractions, & change preſqu'à toutes les heures du jour; c'eſt à dire, que s'il eſt le matin au lever du Soleil en une même ligne droite avec un objet peu éloigné, il paroitra plus bas une heure après le Soleil levé, & encore plus bas quand l'air ſera plus échauffé; & plus les matinées ſeront fraîches & l'air ſerain, plus les objets éloignez paroitront élevez; & quelques fois les objets qui ſont à une diſtance d'environ 500 pas, paroitront s'élever, & en même tems ceux qui ſont beaucoup éloignez, s'abaiſſer, principalement lors que le Soleil luit, comme on a reconnu par pluſieurs obſervations faites en divers lieux, & en diverſes ſaiſons, même à l'égard des objets moins élevez que l'obſervateur, ou d'égale élévation; & on a remarqué quelquefois, qu'un objet qui avoit paru à midi plus bas que le plan de niveau, paroiſſoit le lendemain matin plus de 20 piés plus haut que ce plan, en une diſtance d'environ 2 lieuës. D'où il s'enſuit que le plus ſeur moyen pour bien niveller de grandes diſtances, eſt de faire le nivellement à pluſieurs fois: Comme, ſi A B eſt d'une diſtance d'une lieuë à niveller, il faudra niveller pluſieurs de ſes parties de ſuite, comme A C, puis C D, puis D E, & enſuite E F, F G, G H, & enfin H B. Que s'il y a des vallées entre deux, ou des eaux, ou des bois qui empêchent ces petits nivellemens, & que l'on ſoit obligé de niveller à une fois, ou que par curioſité on veuille niveller des objets à une diſtance d'une ou deux lieuës, ou davantage, il faut qu'il y ait un nivelleur à chaque extrémité, comme en A & B,

TAB. XXIII. Fig. 12.

TAB. XXIII. & Fig. 13.

& qu'ils nivellent de l'un à l'autre en même tems lors que le Soleil eſt couvert de nuées; & s'ils trouvent la même différence excédante, ou défaillante, les deux lieux ſeront de niveau entr'eux, comme auſſi ſi on les trouve réciproquement dans le plan de niveau : mais ſi l'une des différences eſt en deſſus, & l'autre en deſſous, comme ſi B paroît au nivelleur en A plus haut que le niveau, & A plus bas que le niveau au nivelleur en B; il faut ajouter les deux différences enſemble, ſoit qu'elles ſoient égales, ou inégales, & la moitié de la ſomme ſera la différence du niveau des deux lieux A & B: que ſi toutes deux ſont plus hautes, ou plus baſſes, inégalement, la moitié de leur différence ſera la vraië différence de niveau, quelle que ſoit la grandeur de la terre, & quelle que puiſſe être la réfraction au tems du nivellement, laquelle on ſuppoſe être réciproque, ou la même aux deux nivelleurs en A & B, lors que le tems eſt ſombre, & que le ſoleil n'éclaire aucun des objets à niveller, ni ce qui eſt entre deux.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXIII. Fig. 14. A & C ſont ſuppoſez être de niveau entr'eux: A & B ſont les points à niveller : & CB étant perpendiculaire à AC, & parallele & égale à AE; ſoit continuée AE de part & d'aûtre en F & H, enſorte que EF ſoit égale à AE, & AH à CG ajoutée directement à CB. Or, ſi la réfraction éléve autant l'apparence des objets éloignez, que la tangente s'éléve par deſſus ces objets; C paroitra au nivelleur en A dans le plan de niveau, & B lui paroitra au deſſous de ce plan, de la diſtance CB, qui eſt la véritable; & par la même raiſon E, qui eſt de niveau avec B, paroitra au nivelleur en B, dans le plan de niveau, & A lui paroitra plus haut de ſa vraië hauteur EA ou BC: Donc la ſomme de ces deux différences, dont l'une eſt en deſſous & l'autre en deſſus, ſera égale à deux fois BC, & par conſéquent la moitié ſera BC, vraië différence de niveau des deux points A & B. Que ſi la réfraction éléve moins, par exemple de deux piés; B paroitra plus bas de deux piés que la diſtance CB au nivelleur en A, & par conſéquent la différence de niveau ſera CB plus deux piés en deſſous: Mais en récompenſe A paroitra au nivelleur en B deux piés moins haut que la diſtance EA: Donc la ſomme de ces deux différences de niveau ſera double de BC. Le même arrivera ſi la réfraction éléve plus l'apparence de C que la tangente ne s'éléve par deſſus: Car, ſoit l'excès BD de trois piés; donc B paroitra au nivelleur en A moins bas de trois piés que la diſtance CB: Mais en récompenſe A paroitra au nivelleur en B plus haut de trois piés que la diſtance EA ou BC: Donc la ſomme de ces différences apparentes ſera toujours double de BC. Que ſi la réfraction éléve tant, que B paroiſſe auſſi haut que le niveau; alors, ſi AEF eſt double de AE, F paroitra auſſi au nivelleur en B dans le plan

de

de niveau, & A paroitra plus haut que B de toute la diſtance F A double de B C. Et ſi la réfraction éléve encore plus, enſorte que B C étant continué en G, paroiſſe plus haut que le niveau A C, de la diſtance C G, A paroitra d'autant plus haut; & ſi A H eſt égale à C G, A paroitra au nivelleur en B au deſſus de ſon plan de niveau de toute la diſtance F H: Donc, ſi ſuivant la régle ci-deſſus on ôte C G, c'eſt à dire A H de F H, (car les différences apparentes de niveau ſeront toutes deux en deſſus) le reſte ſera encore F A double de B C. Que ſi la réfraction eſt ſi petite, & la diſtance A B ſi grande, que A paroiſſe de niveau au nivelleur en B, ou même au deſſous du niveau, on prouvera par les mêmes raiſons, qu'au premier cas B paroitra au nivelleur en A, au deſſous de ſon plan de niveau d'une diſtance double de B C; & qu'au deuxiéme cas, ſi on ôte la différence apparente du point A de l'autre différence, à cauſe qu'elles ſeront toutes deux en deſſous, le reſte ſera encore double de B C, & par conſéquent en tous ces cas la moitié B C, ſuivant la régle ci-deſſus, ſera la vraië différence de niveau; ce qui étoit à prouver. Si donc B eſt trouvé, par exemple, 4 piés plus bas que A au nivelleur étant en A, & A plus haut de 18 piés que B au nivelleur en B; il faut de la ſomme 22 prendre la moitié 11, & ce ſera la vraië différence de niveau B C. Mais, ſi à cauſe de la grande réfraction B paroît plus haut de 2 piés que A au nivelleur en A, & A plus haut de 20 piés que B au nivelleur en B, faiſant l'obſervation en même tems, comme il a été enſeigné ci-deſſus; 9 piés, moitié de leur différence 18, ſera B C différence réelle de niveau des deux points A & B. On fera un ſemblable calcul, ſi les différences ſont toutes deux en deſſous, & l'on prouvera facilement que lors que A & B ſont en même niveau, on trouvera toujours les mêmes différences de même part.

Mais, parce qu'on a de la peine à diſcerner les objets qui doivent ſervir de ſignes, quand ils ſont éloignez d'une ou deux lieuës, & même de 200 ou 300 toiſes; & que les ſignes devant être alors beaucoup éloignez l'un de l'autre, il eſt plus difficile de bien diſcerner l'égalité de leurs diſtances que quand ils ſont à cinq ou ſix pouces: on pourra ſe ſervir d'une lunette d'approche, par le moyen de laquelle on déterminera parfaitement le point de niveau dans ces diſtances éloignées; ce qu'on fera en cette ſorte.

Il faut donner à l'objectif le plus qu'on pourra de largeur horizontale, afin que les images des objets réfléchis ſur l'eau du niveau, ſoient plus viſibles, & peu de verticale; & au lieu de 2 ſignes blancs, il en faut mettre 3 d'égale largeur, en égales diſtances, dont l'inférieur ait quelques traits noirs de haut en bas, & n'occupe pas toute la largeur de l'ais, pour le diſtinguer des autres. On mettra l'objectif de la lunette fort près de la cire, en ſorte que ſon centre ſoit élevé environ une ligne plus haut que la ſurface de l'eau: il y aura un petit creux au bout du

canal, à un demi pouce de la cire, pour loger l'extrémité de la lunette; & on fera ce creux en talut, & long de 5 ou 6 pouces, pour la mettre facilement, en l'avançant, ou reculant, en la situation la plus commode pour discerner l'image du signe supérieur. La lunette étant bien ajustée, si on regarde les 3 signes à travers, & qu'on fasse hausser & baisser l'ais jusqu'à ce que l'image du signe supérieur couvre précisément à l'œil le signe inférieur marqué de petits traits noirs, la ligne tracée dans le milieu du deuxiéme signe sera dans le plan de niveau, ou du moins y aura son apparence; ce qui se prouve en cette sorte.

TAB. XXIII. Fig. 15. Soient C & D deux points également éloignez du point E, & NO la section perpendiculaire de l'objectif de la lunette passant par son centre P, lequel centre, comme il a été dit, doit être élevé plus haut que la surface supérieure de l'eau AB: soit tirée la droite DB, & continuée jusques à ce qu'elle rencontre NO un peu plus haut que P, comme en R. Il est manifeste que les rayons du point D, qui est le signe inférieur, tomberont tous sur l'objectif au dessus de R, comme le rayon DS; & que si on tire DAQ coupant NO en Q, les rayons réfléchis du point C sur AB tomberont entre R & Q sur l'objectif: car un rayon comme CM, se réfléchissant en M P, P sera en la ligne droite DMP, par les régles de la Catoptrique: donc tous les rayons réfléchis feront le même effet sur la lunette, que s'ils venoient du point D; & par conséquent l'image du point C & le point D ne paroitront à l'œil qu'un même point, & se couvriront l'un l'autre précisément, quoique leurs rayons tombent en divers endroits de la lunette: ce qui n'arrivera que lors que le point E sera dans le plan de niveau qui touche la surface de l'eau; ce qui étoit à prouver.

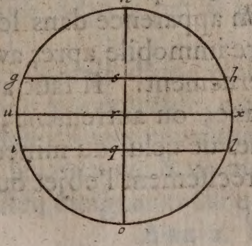
Il est aisé à juger que plus le niveau sera long, & les points C & D distants du point E, plus il tombera de rayons réfléchis du point C sur l'objectif, & moins de ceux du point D: ce qui servira à régler l'ouverture de l'objectif & la situation de la lunette selon sa grandeur & celle du niveau.

Il faut remarquer que, si l'oculaire de la lunette est convexe, le signe inférieur paroitra le plus haut des trois; & si l'image du supérieur paroît encore plus haute, il faudra faire baisser l'ais; & si elle paroît plus basse, il le faudra faire élever. Pour éviter la confusion des signes, on pourra ôter celui du milieu; & lors que l'image du supérieur paroîtra couvrir l'inférieur, le milieu entre les deux signes sera dans le plan de niveau: on pourra marquer ce milieu par une ligne parallelle aux signes.

Lorsque le signe supérieur est beaucoup éloigné de l'inférieur, on distingue mieux son image; & il n'est pas nécessaire de voir en même tems ce signe, mais il suffit qu'on voye son image couvrir le signe inférieur. Que si l'on ne voit pas cette image, c'est une marque que le signe n'est pas assez élevé, ou que la lunette n'est pas bien placée.

Pour

Pour bien entendre ces choses, il faut supposer que la ligne EA soit continuée jusques à la rencontre de la ligne NO, qui représente le diamétre vertical de l'objectif de la lunette; & considérer les deux triangles semblables CBE, RBT: car si BE est de deux cens piés, & EC d'un demi-pié, EC ne sera que $\frac{1}{400}$ de la distance BE; & si l'eau BA est de cinq piés, c'est à dire, de sept cens vingt lignes, & AT de quatre-vingts lignes, la toute BT sera de huit cens lignes, & par conséquent TR sera de deux lignes, parce qu'elle doit être $\frac{1}{400}$ de la longueur BT; & si on tire le rayon CA, & que la réflexion soit au point Q, TQ sera $\frac{1}{5}$ de ligne, & par conséquent QR aura deux lignes de longueur moins $\frac{1}{5}$. D'ou il s'ensuit, que si on met l'œil au lieu de l'objectif de la lunette, & que la prunelle, c'est à dire, l'ouverture de l'Uvée par où la lumiére passe dans l'œil, ne soit pas plus grande qu'une ligne & demi; on verra presque aussi clairement l'image du point C par réflexion, que directement, parce que quand la lumiére tombe sur l'eau fort obliquement, elle se réfléchit presque toute entiére: mais si la prunelle de celui qui nivelle est de deux lignes de largeur, ou plus, il ne verra pas si clairement ce point par réflexion; & à plus forte raison si la hauteur EC étoit beaucoup moindre que six pouces, & l'eau du niveau moins longue que cinq piés. Les signes mêmes se confondent quand ils sont trop proches l'un de l'autre: car deux signes blancs sur un fond noir distans entre eux d'environ un pouce, ne paroîtront que comme un seul signe, si on les regarde d'une distance de plus de vingt toises. Ceux qui ont l'ouverture de la prunelle plus large que deux lignes, trouveront par expérience, que si le niveau n'est que de deux piés & demi de longueur, & que les deux signes blancs soient seulement à deux ou trois pouces l'un de l'autre, & éloignez du niveau de deux cens piés, ils ne pourront que très difficilement discerner l'image du signe supérieur, & encore moins si les signes sont noirs sur un fond blanc; parce que les rayons réfléchis de chaque point de ce signe n'occuperont, selon le calcul ci-dessus, qu'environ le quart du diamétre vertical de la prunelle, ce qui ne suffit pas pour faire une impression assez forte sur les nerfs de la vision; & c'est par cette raison qu'on ne voit pas par réflexion les objets qui sont fort peu élevez au dessus de l'eau du niveau. Le même défaut arrivera si on se sert d'une lunette d'approche: Car, si *no*, dans cette figure, représente le diamétre de l'ob-



jectif

TAB. XXIII. jectif NO de la figure quinziéme, & le cercle *ngoh* l'objectif entier, dont le seul espace *gilh* soit découvert; la partie de la ligne verticale *sq* où tomberont tous les rayons réfléchis du signe supérieur, sera moindre qu'une demi ligne; & quoique l'ouverture ait toute sa largeur horisontale *urx*, comme on le voit en la figure, l'image du signe supérieur paroitra fort foiblement, ou point du tout. Mais si EC est de cinq ou six pouces, & AB de quatre ou cinq piés, on la discernera fort bien, pourvû que *qr* soit d'environ deux lignes, & *ux* d'un pouce, ou plus, si la lunette est de deux ou trois piés de longueur: car en faisant descendre l'objectif peu à peu le long du talut, qui doit être à l'extrémité du niveau, comme il a été dit, il arrivera enfin que tous les rayons réfléchis du signe supérieur tomberont sur l'espace *uilx* de deux lignes de hauteur, & le rempliront presque entiérement, ce qui suffira pour faire voir clairement son image; & parce qu'alors les rayons directs du signe inférieur tomberont sur l'espace *uxhg*, qu'on suppose aussi de deux lignes de hauteur, il sera vû un peu mieux que cette image; ce qui est nécessaire, afin de les pouvoir distinguer.

Il est évident que si on baisse un peu plus l'objectif le long du talut, il restera moins d'ouverture pour les rayons du signe inférieur, & qu'il pourra paroître moins clair que l'image du supérieur; & que si on le hausse un peu plus, on aura de la peine à discerner cette image. En tous ces nivellemens, il faut avoir soin de bien couvrir l'eau du niveau, afin qu'il n'y tombe point de saletez, car elles nuiroient beaucoup à la réflexion des rayons.

On peut se servir aussi de lunettes, si on veut, dans les médiocres distances: car on déterminera plus précisément le vrai niveau, & on ne donnera rien à l'estime. Que si on vouloit niveller à de grandes distances, ou que l'on n'eût pas de signes qui pûssent être haussez & baissez; il faudra ajuster à l'extrémité d'un petit tuyau, qu'on mettra dans celui qui porte l'oculaire convexe, trois petits filets ou cheveux en égale distance, & parallelles entr'eux, éloignez l'un de l'autre d'environ deux lignes, & faire ensorte qu'ils soient placez dans le foyer intérieur de l'oculaire, parallelles à horizon. Ensuite on choisira un objet fort visible plus haut que le niveau, comme le bord de l'horizon sensible, ou le sommet d'un arbre, ou une partie remarquable de quelque autre chose élevée, pour servir de signe supérieur: & si en regardant par la lunette on voit ce signe & son image dans l'eau couverts par les deux filets extrêmes, le point d'un objet qui sera couvert par le filet du milieu, aura son apparence dans le plan de niveau; mais il faut que la lunette demeure immobile après avoir été bien placée, afin qu'on puisse faire ce discernement. Il faut aussi qu'on puisse, par le moyen d'une petite machine, ou autrement, approcher ou reculer également les filets extrêmes de celui du milieu, afin que leur distance soit juste, pour couvrir précisément l'objet qu'on prend pour signe supérieur, & son image.

On

On peut toutefois, pour éviter la peine de remuër les filets, juger par l'estime, si les filets extrêmes sont également éloignez du bord de l'horizon & de son image; ce qui fera le même à peu près, que s'ils les couvroient précisément.

Il arrive souvent que les objets qui sont au dessous du niveau, sont fort clairs; ce qui empêche de discerner l'image du signe supérieur: Mais on évitera ce défaut, si on baisse l'objectif de la lunette le long du talut, jusqu'à ce que la ligne *u r x* soit presque à fleur de l'eau du niveau; parce qu'alors l'ouverture *g i l h* ne recevra point de rayons des objets qui seront vers le point D, & au dessus, jusques à ceux qui seront fort près du point E. On apprendra par l'usage la façon la plus commode pour se bien servir des lunettes, & de quelle grandeur elles devront être; mais lors qu'on les employe, il ne faut point se servir de verre pour empêcher le vent, car il pourroit faire de fausses réfractions. TAB. XXIII. Fig. 15.

REGLES QU'IL FAUT OBSERVER POUR LES DIFFERENS LIEUX A NIVELLER.

SI on veut mettre de niveau une allée de jardin ou une longue gallerie, il faut placer le niveau au milieu de la longueur sur quelque ais un peu élevé, & trouver deux points en même niveau aux deux extrémitez, comme il a été enseigné. Ensuite on prendra la distance depuis le point X (qui marque au bout du niveau, en la figure 7, la hauteur de la surface de l'eau) jusques à un piquet au dessous, qui soit à la hauteur où l'on veut élever l'allée; à laquelle distance on en prendra d'égales, depuis les deux points trouvez de niveau jusques à des piquets qu'on plantera au dessous. On mettra encore de la même maniére d'autres piquets entre-deux, si l'allée est bien longue; & par le moyen de ces piquets on mettra tout le reste de niveau. Que si c'est une table qu'on veuille poser de niveau, la meilleure façon est de verser de l'eau doucement au milieu, jusques à ce qu'elle paroisse couler également de tous côtez; & alors elle sera de niveau, du moins à fort peu près; car il sera tout aussi difficile de la mettre dans un parfait niveau, que de faire tenir une épée debout par sa pointe sur une glace de miroir. TAB. XXII.

Si on veut niveller deçà & delà d'une éminence à la campagne, il faut avoir une pique ou une grande régle, ou deux tuyaux de fer blanc, qui entrent l'un dans l'autre comme ceux des grandes lunettes d'approche, & mettre au haut les signes; & après avoir placé le niveau au haut de l'éminence, on fera éloigner celui qui portera les signes, plus

ou moins selon que la pente sera roide, jusques à ce qu'on connoisse, en observant ce qui a été dit ci-dessus, que le milieu du signe inférieur (lors qu'il n'y en a que deux) soit à la même hauteur que l'eau du niveau : alors on mésurera la distance depuis le point X jusques à une pierre qu'on mettra au dessous, & on ira prendre la même distance depuis la pierre où est posée la pique ou le tuyau ; & le surplus, jusques à la ligne qui sera tracée au milieu du second signe, sera la différence de niveau de ces deux premiéres stations. On écrira cette différence & celles des autres stations, jusques au point requis à niveller. On fera de même de l'autre part de l'éminence ; & ajoutant ensemble toutes les différences des stations de chaque côté, on connoitra par la différence des deux sommes la différence de niveau des deux points. On peut hausser & baisser l'ais où seront les signes, par le moyen d'une petite poulie attachée au haut de la grande régle, ou par quelques autres moyens qu'on trouvera les plus commodes.

Pour mettre de niveau quelque grande salle, il faut se servir de la figure 6, collée sur un petit ais, qu'on élévera ou baissera peu à peu, jusques à ce qu'on ait trouvé un point à même hauteur que l'eau du niveau placé au milieu de la salle. On trouvera un autre point de même de l'autre part, & on prendra une mésure égale depuis ces deux points jusqu'à 2 pavez qu'on ajustera au dessous. On placera encore 2 ou 3 autres pavez en d'autres endroits à même hauteur, après avoir tourné le niveau vers les autres côtez de la salle, ce qui suffira pour ajuster le reste. On peut même poser le milieu du niveau, & l'affermir sur un genou de bois ou de cuivre, par le moyen duquel on le tournera en rond toujours à même hauteur ; & on prendra par ce moyen tant de points qu'on voudra à même niveau.

TAB. XXII.

Si on veut niveller une pente de montagne très-roide, il faut avoir un canal étroit, & long de 15 ou 16 piés, & le mettre de niveau par le moyen de l'eau qu'on y versera, l'appuyant pour le faire tenir horizontalement. On prendra la hauteur depuis le pié de la montagne jusques à ce canal. Ensuite on posera le bâton qui sert à mésurer, à l'endroit de la pente où l'un des bouts du canal étoit posé ; & on posera le canal plus loin, & plus haut, le mettant encore de niveau, & mésurant de même ; & ainsi on ira, comme par degrez, jusques au haut de la montagne, où jusques à ce que la pente ne soit plus si roide, & qu'on puisse employer l'autre niveau. Au lieu de canal, on peut se servir d'une longue régle, & y appliquer un petit niveau de bois au milieu, semblable à ceux dont se servent les Maçons & les Charpentiers, pour connoître quand elle sera posée horizontalement.

Lors que par curiosité on veut niveller dans la derniére exactitude possible, à une seule fois, deux tours, ou deux montagnes, ou choses semblables, éloignées l'une de l'autre d'une ou deux lieuës ; il faut qu'il y ait un nivelleur en chaque endroit, & que chacun d'eux ait 2

ou 3

ou 3 ſignes blancs, de grandeurs & de diſtances ſuffiſantes, qu'on fera couler ſur un fonds noir, ſoit de toile peinte, ou de telle autre matiére qu'on trouvera plus commode. Ils choiſiront un tems que le Soleil ſoit couvert de nuées, & que l'air ne ſoit pas trop froid, ou trop chaud, & qu'il ne ſoit pas trop rempli d'exhalaiſons ondoyantes. Il faut auſſi qu'ils conviennent des ſignes qu'ils ſe feront pour niveller en même tems, & pour ſavoir quand il faudra hauſſer ou baiſſer les ſignes qui marquent le niveau, leſquels ils verront reſpectivement par le moyen de bonnes lunettes d'approche de 6 ou 7 piés de longueur : & après avoir remarqué à peu près où chacun d'eux doit poſer ſon niveau, & qu'enſuite ils auront fait hauſſer ou baiſſer leurs ſignes juſques à ce qu'ils ſoient bien placez, ils ſe feront connoître réſpectivement de combien de piés la ſurface de l'eau de leurs niveaux ſera plus haute ou plus baſſe que la ligne tirée dans le ſigne du milieu qui eſt de leur côté ; & ils s'ajuſteront enſuite de maniére qu'ils puiſſent trouver chacun la même différence ; ce qui ſera facile en obſervant les régles ci-deſſus. Comme, ſi l'un ſe trouve 8 piés plus haut que le niveau de l'autre, & que l'autre ne trouve que 4 piés, il faudra que ce dernier hauſſe ſon niveau de 2 piés, ou que l'autre baiſſe le ſien d'autant, & ils trouveront en nivellant de nouveau une même différence de 6 piés. Si on pratique bien cette méthode, on pourra s'aſſurer que l'eau des deux niveaux eſt également diſtante du centre de la terre, & que les points qu'on marquera à cette hauteur ſeront de niveau entr'eux ; & on pourra avoir le plaiſir de remarquer à diverſes heures du jour de combien chacun de ces lieux qu'on aura marquez, paroitra élevé, ou abaiſſé par les différentes réfractions, ou même s'il n'y aura point de petites différences entre les deux niveaux, lors que le Soleil luira, à cauſe que les réfractions ſont alors fort irréguliéres ; & qu'un même rayon peut être rompu pluſieurs fois en divers ſens avant que d'arriver à l'œil. Comme, ſi l'objet eſt en A, & l'œil au deſſus d'une tour en B, & une éminence de terre entre deux en E où luiſe le Soleil, le rayon A D ſe pourra rompre en D G, rencontrant un air plus épais en D qu'en A ; & s'il rencontre vers le point G un air fort chaud, à cauſe des exhalaiſons qui s'élévent au deſſus de E, il pourra remonter vers F, & derechef deſcendre vers B ; & ce rayon F B étant continué directement vers C, fera paroître l'objet A en C, au lieu que l'œil étant en F le pourroit voir en H par la ligne F G H. Mais il eſt fort vrai-ſemblable, que lors que le Soleil ne luit point, & que deux objets ſont en même hauteur, c'eſt à dire en même niveau, comme A & B en la figure 13^{e}, l'œil en B verra l'objet en A auſſi élevé par la réfraction, comme l'œil en A verra l'objet en B ; ce qu'il faudra vérifier par pluſieurs expériences. Les plus aſſurées ſeront celles qu'on fera par le moyen d'un lac, ou d'un grand étang : car ils ſerviront, lors que l'eau eſt calme, à prendre deux points éloignez l'un de l'autre de 2000 ou

TAB. XXIII. Fig. 16.

TAB. XXIII. Fig. 13.

 3000

3000 toises, & également distans du centre de la terre ; & on pourra observer si quelquefois, lors que le Soleil luit, & qu'il fait trés-grand chaud, la réfraction n'abaisse pas l'objet au lieu de l'élever ; & si lors que le Ciel est couvert de nuées, les deux points paroissent aux deux nivelleurs en même tems toujours également élevez.

On peut se servir d'un autre instrument très-exact pour niveller. Il faut avoir un petit vaisseau beaucoup plus long que large, qu'on remplira d'eau jusques à une hauteur suffisante ; & dans ce vaisseau on posera un petit bateau de fer blanc ou de cuivre, qui soit de même longueur & largeur à peu près que le vaisseau. Au haut de ce petit bateau, vers les extrémitez, on ajoutera des verres de lunettes, sans se mettre en peine si l'axe de la lunette est précisément parallelle à la surface de l'eau. Ensuite on partagera en deux également la distance à niveller ; & on y placera la petite machine, empêchant que le vent ne fasse mouvoir le petit bateau ; & lors qu'il sera arrêté, on remarquera vers un des lieux à niveller, le point où répondra le fil qu'on aura placé au centre du foyer de l'oculaire ; puis on tournera le vaisseau avec son petit bateau flotant, par quelque moyen facile, & on attendra que la lunette soit arrêtée presqu'à la même situation que dans la premiére observation. On remarquera de même un point vers l'autre lieu ; ce qu'on pourra faire encore 2 ou 3 fois en retournant la machine : & si l'on voit toujours les mêmes points de part & d'autre, on sera très-assuré que ces 2 points seront également éloignez du centre de la terre, puis que le bateau demeure toujous enfoncé de même. Ce niveau n'est sujet à aucune erreur, si ce n'est que le lieu où il est placé, ne soit pas également éloigné des deux points à niveller. Mais quand il y auroit 3 ou 4 toises de différence, sur une distance de 2000 toises, l'erreur sera peu considérable. Comme, si en la figure 17^e, C A est la machine, C B une distance de 1000 toises, D le point plus haut de 20 piés que le vrai niveau C B, C E l'autre distance de 1004 toises ; on trouvera par le calcul, que l'erreur sera moindre que d'un pouce ; & dans les autres distances à proportion. On n'employera cette façon de niveller qu'en des nivellemens bien importans, & en des lieux fermez, comme en de longues galleries, afin qu'il n'y fasse point de vent : & on fera l'observation pendant que le Soleil est couvert de nuées, pour éviter les inégalitez des réfractions ; ou, si c'est à la Campagne, on peut se couvrir d'une tente, & faire ensorte que la machine ne soit point agitée par le vent.

TAB. XXIII. Fig. 17.

On peut aussi, avec ce niveau, connoître dans une plaine, si 2 Tours ou 2 Montagnes sont aussi hautes l'une que l'autre, en élevant le bout de la lunette jusques à ce que le fil qui est au centre du foyer de l'oculaire, réponde au sommet de l'une des Tours ou Montagnes ; & ensuite tournant la machine vers l'autre, on verra facilement si elle est plus haute, ou plus basse : mais il faut avoir trouvé par la Trigonométrie

ou

ou autrement, qu'on eſt également éloigné, ou à peu près, des deux points qu'on nivelle, & tourner deux ou trois fois la machine, pour voir ſi on rencontrera toujours les mêmes points.

Si on ne peut ſe mettre au milieu de la diſtance des 2 points à niveller, & qu'on veuille ſe ſervir de ce niveau pour niveller un point éloigné ; on trouvera deçà & delà du niveau, en diſtances égales, 2 points qu'on marquera par 2 lignes horizontales : enſuite on ſe reculera 50 ou 60 pas au delà de la ligne la plus éloignée du point à niveller, & avec une lunette on cherchera à voir ces 2 lignes comme une ſeule ligne, en hauſſant ou baiſſant la lunette ſelon qu'il ſera néceſſaire ; & un point éloigné qui ſera couvert à la vûë par ces 2 lignes, ſera dans un même plan de niveau avec elles, ou du moins y aura ſon apparence.

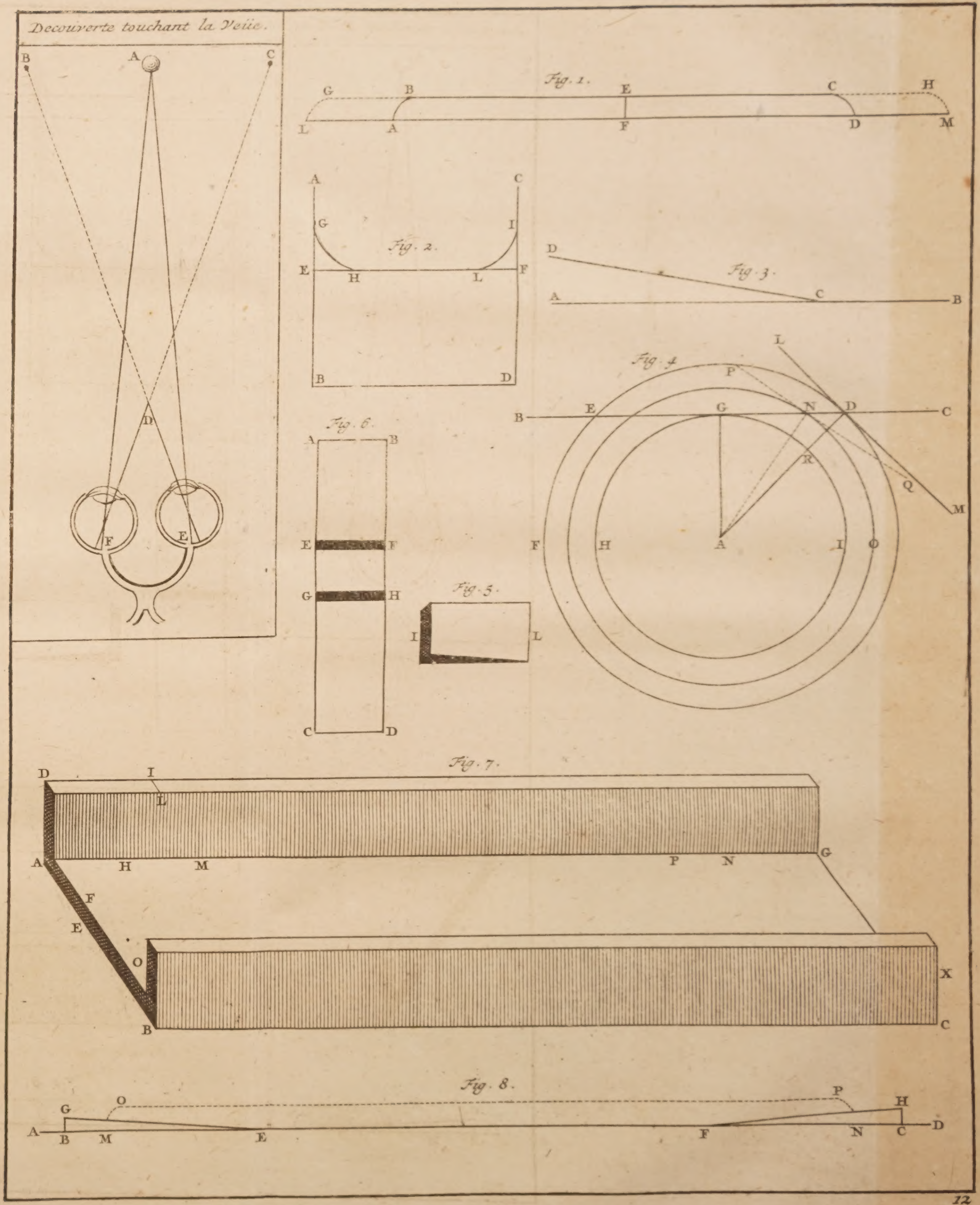
Lorſqu'on veut ſavoir la différence de niveau de 2 ſommets de montagnes, ou d'autres objets éloignez l'un de l'autre de 5 ou 6 lieuës, & diſpoſez enſorte qu'ils bornent l'horizon ſenſible l'un de l'autre, & que les rayons viſuels qui vont de l'un à l'autre, raſent quelques éminences couvertes de bois, ou qui ſont de difficile accès, ce qui empêche de ſe pouvoir ſervir des niveaux ci-deſſus ; il faut avoir en chaque lieu un quart de cercle comme ceux avec leſquels les Aſtronomes prennent les hauteurs des Aſtres par le moyen des lunettes d'approche qui ſervent de pinules ; & après les avoir rectifiez comme il ſera enſeigné ci-après, on prendra reſpectivement la différence de hauteur apparente de ces objets à l'égard de la tangente horizontale, ſoit qu'ils ſoient vûs au deſſus, ou au deſſous de cette tangente ; & après qu'on aura ſû au plus près qu'on pourra, la diſtance de ces 2 objets, par la Trigonométrie, ou autrement, on calculera cette différence de hauteur par la Trigonométrie. Comme, ſi l'un de ces objets paroiſſoit élevé par deſſus le plan horizontal de l'autre, de 12 minutes, & que leur diſtance fut de de 12000 toiſes ; on cherchera par les Tables des ſinus, le ſinus de 12 minutes, qu'on trouvera être 349, le rayon entier étant 100000 ; & aux trois nombres 100000, 12000, & 349, on trouvera le 4^{e}. proportionel 41 $\frac{44}{50}$ toiſes, qui ſera l'élévation de cet objet au deſſus de la tangente. On fera de même pour l'autre objet ; & par le calcul enſeigné ci-deſſus on connoitra la vraië différence de niveau des 2 objets entr'eux : Comme, ſi l'autre étoit trouvé plus bas de 30 toiſes que la tangente horizontale, on prendra la moitié de 71 $\frac{44}{50}$ toiſes, ſomme des deux différences ; & cette moitié, ſavoir 35 $\frac{47}{50}$ toiſes, ſera la vraië différence de niveau des 2 objets, du moins à peu près, ſi on fait bien prendre les hauteurs : car ſi on eſt très-exact, & que le quart de cercle ſoit bien diviſé & rectifié, l'erreur ſera peu conſidérable ; mais on ne pourra jamais être aſſuré que ce nivellement ſoit dans une parfaite juſteſſe.

Pour bien rectifier un quart de cercle à lunettes, on fera ce qui s'enſuit. La diviſion des degrez & minutes, &c. étant bien faite, on fe-

ra battre le fil du pendule sur le commencement de la division le plus exactement qu'on pourra. Ensuite on arrêtera l'objectif de la lunette à l'extrémité d'un des côtez du quart de cercle vers l'angle droit, & on placera auprès du quart de cercle un niveau comme celui qui est décrit en la 7e. figure, de maniére que la surface de l'eau soit aussi haute que le centre de l'objectif sur le quart de cercle. Et après avoir nivelé très-exactement une ligne noire à une distance de 40 ou 50 toises ou plus, si l'on veut, par le moyen d'une lunette, comme il a été enseigné ci-dessus; on ajustera l'oculaire de la lunette du quart de cercle, sans remuër le quart de cercle, ensorte que le filet qui sera placé au centre de son foyer intérieur, couvre précisément cette ligne noire à la vûë; & alors on sera assuré, si les verres sont bien arrêtez en cette situation, que l'axe de la Lunette sera placé horizontalement, & que le quart de cercle sera bien rectifié, & propre à prendre exactement des hauteurs. Mais, parce qu'en transportant ces quarts de cercle, qui sont fort pesans, on peut craindre qu'ils ne se soient faussez, ou que les verres n'ayent changé de situation; on les pourra rectifier de nouveau, lors qu'on les voudra employer dans le nivellement. Si en ces nouvelles rectifications on ne veut pas changer la situation des verres de la lunette, on peut mettre le niveau selon sa longueur au devant de l'objectif, & l'élever ensorte que la surface de l'eau soit à même hauteur que l'axe de la lunette. Après on choisira un objet éloigné fort visible, & qui soit un peu plus haut que le niveau de l'eau, & on tournera le quart de cercle jusqu'à ce que regardant par la lunette, on voye l'image de quelque point de l'objet couvert par le fil qui est au foyer de l'oculaire; & après avoir remarqué le point où bat le fil du pendule étant arrêté, on haussera un peu le devant de la lunette, en tournant le quart de cercle jusqu'à-ce qu'on voye directement l'objet, & que le même fil en couvre le même point; & après avoir laissé arrêter le fil du pendule, & remarqué le point de la graduation, le point qui sera également entre ces derniers points & le premier, sera celui où doit batre le pendule, lors que l'axe de la lunette est parallelle à l'horizon: & si ce n'est pas le premier point de la division du quart de cercle, il faudra en remarquer la différence en minutes & secondes, afin qu'on y ait égard en prenant les hauteurs des Astres ou des autres objets dont on veut savoir l'élévation. Pour empêcher que le vent ne nuise au pendule, on le couvre d'un demi-tuyau de fer blanc en toute sa longueur, horsmis vers l'endroit qui couvre la graduation, où l'on applique une glace de verre fort transparente, & qui ne fait point de fausses réfractions. On peut même faire tremper le plomb du pendule dans un petit vaisseau plein d'eau, afin d'arrêter plutôt ses batemens. Par ces moyens, & par les autres qui ont été enseignez ci-dessus, on pourra trouver le niveau de tous les lieux accessibles ou inaccessibles, pourvû qu'ils ne soient pas éloignez de plus de 5 ou 6 lieuës.

TAB. XXII.

F I N.


Decouverte touchant la Veüe.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.

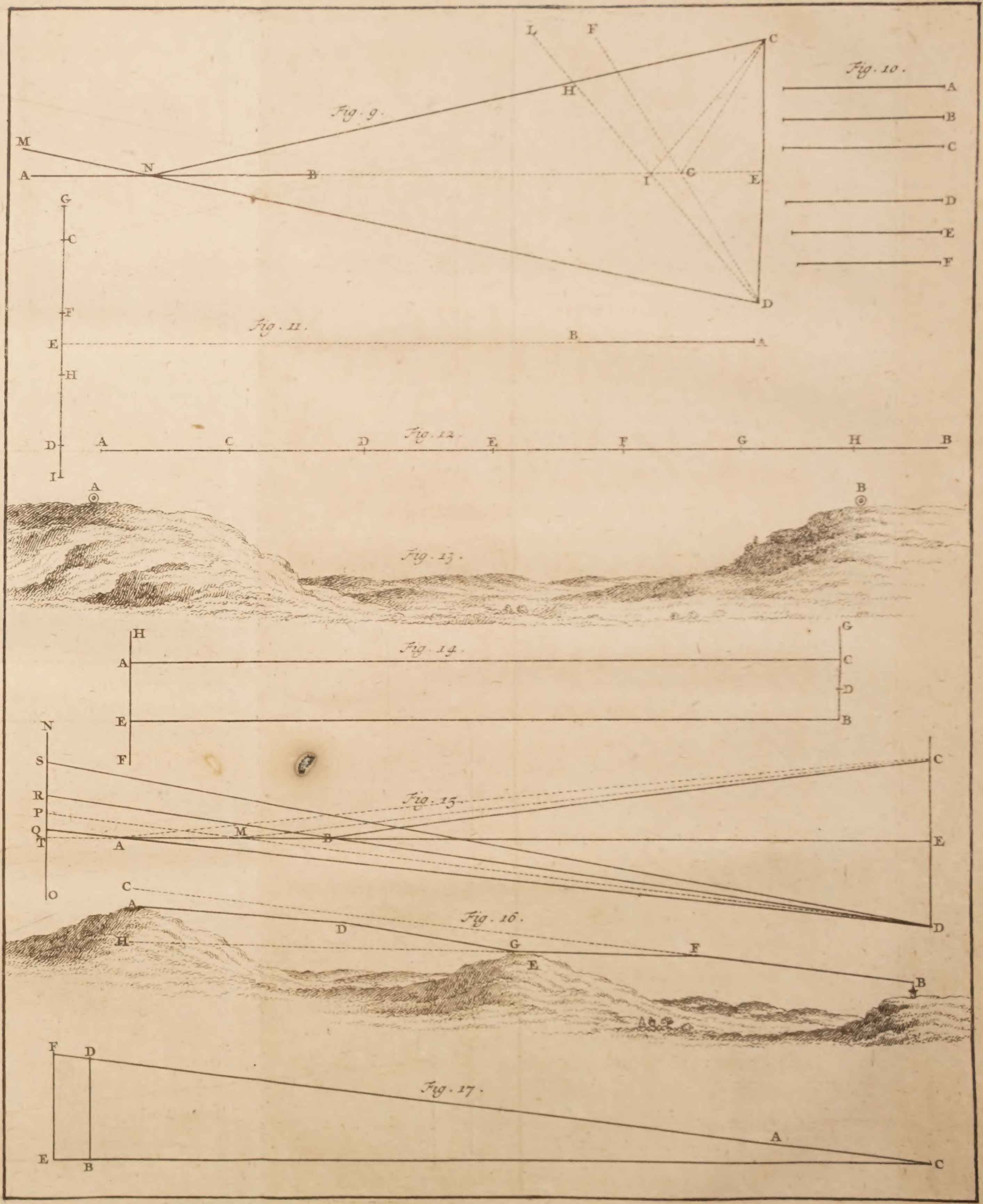


Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
L
M
N
O
P
Q
R
S
T

TRAITÉ
DU
MOUVEMENT
DES
PENDULES,

Par Mr. MARIOTTE;

de l'Académie Royale des Sciences.

Imprimé pour la premiére fois ſur le Manuſcrit original de l'Auteur.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE,
Ecrite de Dijon le 1. Fevrier 1668.

à

MONSIEUR HUYGENS
Touchant le Traité qui suit.

J'*Ai crû que vous aggréeriez que je vous fiſſe part de quelques démonſtrations que j'ai trouvées ſur le Mouvement des pendules & des choſes peſantes qui tombent vers le Centre. J'avois fait autrefois quelques petits Ecrits pour rendre raiſon pourquoi les Cordes de Lut impriment leur mouvement dans celles qui leur ſont en uniſſon & en octave, leſquels je lûs dans l'Aſſemblée. Mais vous m'avertîtes que* Galilée *avoit dit la même choſe: ce qui m'a donné la curioſité de le lire depuis quelque tems; & j'ai trouvé en effet que ſes penſées étoient tellement conformes aux miennes ſur ce ſujet, que vous pouviez croire avec beaucoup de raiſon que j'avois emprunté de lui ce que j'en avois écrit. Mais, pour ce qui eſt du Mouvement des pendules & des choſes peſantes, quoique mes Propoſitions ſoient les mêmes que les ſiennes, il y a pourtant une différence toute entiére entre les façons de démontrer & l'ordre & ſuite des Propoſitions, comme vous le pourrez juger facilement, s'il vous plaît de lire l'Ecrit ci-joint: Car vous verrez, que dans ma premiére Propoſition je donne, ou crois donner, la vraië cauſe de l'accélération du mouvement, au lieu que* Galilée *ſe contente de la ſuppoſer & d'en faire une définition; que dans ma 5^e^. je prouve ce qu'il prend pour Principe & qu'il demande lui être accordé au commencement de ſon Traité; & que dans ma 8^e^. je donne la proportion du tems par le côté du quarré, avec le tems par les 2 côtez de l'octogone, & par celui des 3 côtez du dodécagone, ce qu'il n'a pas fait. Je fais une abſtraction,*

auſſi

auſſi bien que lui, de la réſiſtance de l'air: car en la ſuppoſant je me ſuis encore rencontré dans ſes mêmes ſentiments auparavant que de l'avoir lû, & je crois que les poids qui tombent, augmentent leur viteſſe juſques à un certain point, paſſé lequel elles vont d'un mouvement égal; & voici comme je détermine ou commence cette égalité. Je ſuppoſe qu'un vent ſoufflant de bas en haut puiſſe ſoutenir une boule de liége en l'air: alors, ſi le vent ceſſe, cette boule tombant augmentera ſa viteſſe juſques à ce qu'elle ſoit égale à celle du vent qui la ſoutenoit, & enſuite elle continuëra ſa deſcente avec une viteſſe uniforme, puiſque la réſiſtance de l'air lui ôtera préciſément ſa puiſſance naturelle de deſcendre, & il ne lui reſtera que la puiſſance acquiſe. Je n'ai pas fait mes démonſtrations bien exactes, ni dans toute leur étenduë; parce que je ſai que vous les ſuppléerez facilement, & que j'aurois été trop long. C'eſt par cette même conſidération que je ne montre pas la façon dont j'ai calculé les nombres énoncez en ma 8e. Propoſition, & que la Concluſion eſt ſans démonſtration. Et parce que je crains que cette lettre ne ſoit auſſi trop longue, & qu'elle ne vous ſoit ennuyeuſe; je la finis en vous aſſurant de mes très-humbles reſpects, & que je ſuis &c.

DU MOUVEMENT DES PENDULES.

PREMIER PRINCIPE NATUREL.

Un même poids fait le commencement de sa descente avec une même vitesse en quelque lieu accessible de l'air qu'on le laisse tomber.

Ce Principe se prouve par expérience, & doit être admis comme on admet dans les Méchaniques, que les cordes des balances sont parallelles à cause de la grande distance de la surface de la terre à son centre, quelle que soit la cause du mouvement vers le centre.

SECOND PRINCIPE NATUREL.

Si un Corps est porté d'une vitesse uniforme par un petit espace, par quelque cause que ce soit; cette cause cessant, il continuera son mouvement de même part avec la même vitesse par un espace égal au premier, s'il n'est point empêché par une autre cause.

Ce Principe est accordé par *Descartes* & *Galilée*; & il est facile de le prouver par expérience. Nous appellerons cette puissance par laquelle le Corps continuë son mouvement, acquise.

I. PROPOSITION.

Il est impossible, qu'un poids qu'on laisse tomber, continuë sa descente avec une vitesse uniforme; mais il acquiert, à chaque moment égal de tems, un nouveau degré égal de vitesse.

TAB. XXIV. Fig. I.

Soit AB une ligne perpendiculaire à un plan horisontal, divisée en plusieurs petites parties égales aux points C, D, E, F, G, H, I, V; & qu'ayant laissé tomber un poids du point de repos A, il descende d'une vitesse uniforme, s'il se peut, jusques au point C, par sa puissance naturelle de descendre vers le centre de la terre, en un certain tems que nous appellerons un moment. Donc, par le 2^e^. Principe naturel, il continuera sa descente avec la même vitesse par l'espace CD, & dans le second moment de tems égal au premier il arriveroit au point D par sa puissance acquise, encore que la puissance naturelle de descendre l'eût abandonné au point C. Mais, parce qu'il la conserve toujours égale en quelque lieu qu'il soit de la ligne AB, par le premier Principe; dans ce second moment de tems il parcourra par cette puissance un autre petit espace égal à AC. Donc par ces deux puissances ensemble il passera les

les deux petits espaces C D, D E, au second moment: Et par les mêmes raisons, dans le troisiéme moment il ira de E en G par la puissance acquise, puis qu'au moment précédent il est descendu de C en E; & par la puissance naturelle qui ne le quitte point, il descendra encore en ce moment un espace égal à A C, par le premier Principe. Donc dans ce troisiéme moment il parviendra au point H, & ainsi de suite; c'est à dire, que si au premier moment il passe l'espace A C, au second il passera le double de A C, au troisiéme le triple, au quatriéme le quadruple &c. Donc sa vitesse augmentera à proportion des tems de sa descente: & si on entend que la ligne A B soit divisée en de plus petites parties à l'infini, & le tems aussi à l'infini; cette accélération de mouvement sera enfin uniforme, & la vitesse augmentera à proportion des tems, ce qui étoit à prouver.

II. PROPOSITION.

Soit A B *une perpendiculaire, qu'un poids ait passée dans un certain tems tombant du point de repos* A; *& que ce poids étant arrivé au point* B, *change de direction & remonte vers le point* A, *commençant son mouvement de bas en haut selon la vitesse acquise au point* B: *je dis qu'il remontera jusques au point* A, *& que le tems de sa montée sera égal à celui de sa descente.* TAB. XXIV. Fig. 2.

Car, soit supposé le tems de sa descente être divisé en 10 moments égaux, & la ligne A B en 55 parties égales entre elles, & que le poids passe la premiére au premier moment par une vitesse uniforme. Donc, par ce qui a été dit en la précédente, au dixiéme moment il passera en descendant 10 de ces petites parties. Mais en remontant au onziéme moment avec la même vitesse il passera aussi 10 de ces petites parties par la puissance acquise, par le 2^e^. Principe; & par la puissance naturelle, il en descendroit une dans ce même onziéme moment qui sera le premier de la montée. Donc par les 2 puissances ensemble le poids ne remontera que 9 parties: c'est à dire, que si B *g* est égale à 10 de ces parties, & *g* H à une, le poids ne montera en ce premier moment que jusques au point H; & dans le second moment devant parcourir 9 de ces parties par la puissance acquise, il n'en parcourra que 8, à cause que la puissance naturelle de descendre lui en ôtera une en ce second moment, & ainsi des autres espaces. Donc la progression des espaces ou petites parties égales de sa montée au 1^er^, 2^e^, 3^e^, 4^e^, moment &c. sera 9, 8, 7, 6, 5 &c.; & au lieu d'en passer 2 au neuviéme moment, il n'en passera qu'une; & enfin devant monter une de ces petites parties au dixiéme moment par la puissance acquise, & en descendre une par la puissance naturelle dans le même dixiéme moment, ces deux puissances s'effaceront précisément l'une l'autre, & le dernier terme de la montée sera au neuviéme moment. Donc le tems de la montée du poids étant de 9 moments & celui de sa descente de 10, la différence sera $\frac{1}{10}$. Et la descente étant de 55 parties telles que B *g* en

 est

eſt 10, la montée ne ſera que de 45, c'eſt à dire environ $\frac{1}{5}$ moins que la deſcente. Mais ſi le tems eſt ſuppoſé diviſé en 100 moments & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids au premier moment paſſe par une viteſſe uniforme une de ces parties en deſcendant, il parcourra les 5050 parties dans les 100 moments : Mais, par ce que nous venons de dire, le tems de la montée défaudra d'un de ces 100 moments, & l'eſpace défaudra de 100 de ces petites parties, c'eſt à dire environ $\frac{1}{50}$ de toute la ligne AB. Que ſi cette diviſion de tems & d'eſpace eſt continuée à l'infini, ces défauts diminueront toujours, & enfin la différence des tems ſera moindre qu'aucun moment de tems donné, & celle des eſpaces moindre qu'aucune grandeur donnée, c'eſt à dire comme rien. Donc le poids remontera juſques au point où il a commencé ſa deſcente &c. ce qui étoit à prouver.

Il s'enſuit de cette Propoſition, que ſi on jette en l'air perpendiculairement un poids comme une balle de plomb, le tems de ſa montée depuis le point où il quitte la main juſques au point de repos, & celui de ſa deſcente juſques au point où il a quitté la main, ſeront égaux, & que la viteſſe de la balle diminuera uniformément en montant juſques à ſon repos à proportion des tems de la montée.

III. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 3.

Soit AB *une ligne perpendiculaire, qu'un poids ait paſſée en deſcendant du point de repos* A, *comme il a été démontré dans les Propoſitions précédentes; & qu'au même tems quelque autre mobile parcoure la ligne* CD *égale à* AB, *par une viteſſe uniforme: je dis que cette viteſſe ſera égale à la moitié de la viteſſe acquiſe par le poids au point* B.

Car ſoit ſuppoſé le tems de la deſcente par AB être diviſé en 100 moments égaux, & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids paſſe la premiére au premier moment par un mouvement uniforme: par ce qui a été dit en la 1e. Propoſition, le poids parcourra au cinquantiéme moment 50 de ces parties, & 100 au centiéme; & l'agrégé de toutes ces parties ſera 5050, nombre égal à 50 avec le produit de 50 par 100. Mais, ſi pendant chacun de ces moments l'autre mobile parcourt en la ligne CD 50 de ces parties par une viteſſe uniforme, cette viteſſe ſera égale à la moitié de la viteſſe acquiſe par le mouvement accéléré au point B de la ligne AB, puiſqu'au dernier moment de la deſcente le poids a parcouru 100 de ces parties; & l'aggrégé des parties parcouruës dans les 100 moments par cette viteſſe uniforme ſera égal au même produit de 100 par 50, c'eſt à dire 5000; & la différence des eſpaces paſſez par ces deux mobiles en même tems ſera 50, qui eſt $\frac{1}{100}$ de tout l'eſpace paſſé par le mouvement uniforme. Mais, ſi le tems eſt ſuppoſé être diviſé en 1000 moments, & la ligne AB en 500500 petites parties égales &c; on montrera, par les mêmes raiſons, que les eſpaces parcourus par le mouvement accéléré & par l'uniforme ſeront différents de $\frac{1}{1000}$. Et ſi on diviſe le tems & la ligne

AB

A B en de plus petites parties, cette différence diminuëra toujours: Donc ſi elles ſont diviſées à l'infini, cette différence ſera enfin comme rien; & les deux mobiles, dont l'un deſcend par un mouvement accéléré juſques au point B, & l'autre ſe meut par une viteſſe uniforme égale à la moitié de celle acquiſe au point B, paſſeront en tems égaux les 2 lignes égales, AB, CD. Donc &c. ce qui étoit à prouver.

IV. PROPOSITION.

SI un poids paſſe en deſcendant des eſpaces inégaux en divers tems, les eſpaces paſſez ſeront l'un à l'autre en raiſon doublée des tems de leur deſcente.

Soit la ligne AB, dont la partie AC ſoit paſſée par un poids deſcendant du point de repos A dans le tems DE, & toute la ligne AB dans le tems DF: je dis que comme le quarré de DE eſt au quarré de DF, ainſi l'eſpace AC eſt à l'eſpace AB. Car, ſoit ſuppoſé, comme dans les Propoſitions précédentes, le tems DE être diviſé en 10 moments égaux, & l'eſpace AC en 55 parties égales, dont le poids en paſſe une avec une viteſſe uniforme au premier moment: Donc, par la 1^e^. Propoſition, il en paſſera 10 au dixiéme. Et ſi DF eſt double de DE, le tems DF ſera compoſé de 20 de ces moments, & au vintiéme moment il parcourra 20 petites parties égales à celles de AC: Donc, l'aggrégé de toutes les parties paſſées dans le tems DF ſera égal au produit de 10 par 20 avec 10, & celui des parties paſſées dans le tems DE ſera égal à 5 avec le produit de 5 par 10. Or, ces produits ſont nombres ſemblables: Donc ils ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de leurs côtez homologues, ſavoir 10 & 20, ou DE, DF. Mais, d'autant que le nombre 10 ajouté au premier produit n'eſt pas au nombre 5 ajouté au dernier en raiſon doublée de 10 à 20, mais en la ſimple raiſon de DE à DF, l'aggrégé des parties paſſées dans le tems DE ſera moindre que le quadruple des parties de AC, & la différence ſera 10, ſavoir $\frac{1}{21}$ de toute la ligne paſſée dans le tems DF. Mais, ſi on ſuppoſe les tems & les eſpaces être diviſez à l'infini, la proportion de cette différence diminuëra toujours, comme il a été montré ci-deſſus; & enfin ſera comme rien. Donc AB paſſé dans le tems DF ſera quadruple de AC lorſque l'accélération du mouvement ſera uniforme. On fera la même preuve, ſi DF eſt ſuppoſée triple ou quadruple de DE, ou en quelque autre raiſon. Donc &c. ce qui étoit à prouver. TAB. XXIV. Fig. 4. 5.

Il s'enſuit, ſi on prend A*g* moyenne proportionelle entre AC, AB, que comme AC à A*g*, ainſi le tems par AC au tems par AB.

V. PROPOSITION.

SOit BC une ligne horizontale, CA perpendiculaire à BC, & AB inclinée: je dis que ſi on laiſſe tomber un même poids du point A, le tems de ſa deſcente par AB ſera au tems de ſa deſcente par AC comme AB eſt à AC. TAB. XXIV. Fig. 6.

Car, d'autant que la peſanteur totale du poids eſt à ſa peſanteur ſur

la ligne inclinée A B comme A C à A B, & que la pesanteur n'est autre chose qu'une puissance de descendre selon une certaine vitesse : il s'ensuit que si on entend que le poids descende avec une vitesse uniforme un très-petit espace comme A E en la ligne A B pendant un certain moment de tems, & que dans le même moment un autre poids égal parcoure d'une vitesse uniforme l'espace A F dans la ligne A B; il s'ensuit, di-je, que comme le poids en A B est à son poids total par A C, ainsi A F sera à A E. Si donc on entend A C être divisée en plusieurs parties égales à A E, & qu'il y ait en A B un égal nombre de parties dont chacune soit égale à A F, & que l'agrégé de ces parties soit A D; A D sera à A C comme A F à A E, c'est à dire comme le poids en A B à son poids total, ou comme A C à A B; &, par ce qui a été dit dans les précédentes, le tems par A D sera égal au tems par A C, puisqu'en autant de moments infiniment petits que l'espace A C sera parcouru, A D le sera aussi. Mais, par la 4e. Proposition ou sa suite, comme A B à A C moyenne proportionelle entre A B & A D, ainsi le tems par A B au tems par A D; & le tems par A D est egal au tems par A C, comme A B à A C. Je dis encore, que la vitesse acquise au point B est égale à la vitesse acquise au point C: Car, par la 1e. Proposition, comme le tems par A D au tems par A B, c'est à dire comme A D à A C, ainsi la vitesse en D à la vitesse en B: Mais aussi, comme nous venons de montrer, la vitesse en D est à la vitesse en C comme A D à A C ou A F à A E; car la vitesse en C est autant multiple de celle en E comme celle en D de celle en F: Donc la vitesse en D a même raison aux vitesses en C & en B: Donc ces deux derniéres sont égales; ce qu'il falloit prouver.

VI. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 7. *Soit* A B D *un demi cercle;* B D, C D, *deux inscrites; & soit* A D *le diamétre perpendiculaire à la tangente horisontale* A E: *je dis que des poids égaux descendants de* B *en* D *& de* C *en* D, *auront les tems de leur descente égaux.*

Car soient tirées les lignes A B & D B E: Donc les triangles E D A, A D B, seront équiangles; & par conséquent comme E D à D A, ainsi D A & D B: Donc, par la suite de la 4e. Proposition, comme E D à A D, ainsi le tems par E D au tems B D du repos en B: Mais, par la précédente, comme E D à D A, ainsi le tems par E D au tems par A D: Donc le tems par E D a même raison au tems par B D & au tems par A D: Donc ces deux derniers tems seront égaux. On prouvera de même que le tems par C D est égal au tems par A D: Donc les tems par B D & par C D seront égaux; ce qui étoit à prouver.

VII. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 8. *Soit* A B *perpendiculaire à l'horison;* A C, B D, *perpendiculaires à* A B; *&* A E *le quart de la ligne; & soit* F E D *quelconque ligne entre les deux parallelles* A C, B D; *Je dis que le tems par* F E, E B, *sera égal au tems par* A E,

E D:

ED: *Mais si* AE *est moindre que le quart de* AB, *le tems par* AE, ED, *sera plus grand que par* FE, EB: *Mais si* AE *est plus que le quart, le tems par* FE, EB, *sera le plus grand.*

Car, étant prises F*g* & AH moyennes proportionelles entre FE, FD, & AE, AB; le tems par EB du repos en A ou en F sera EH par la 4 & 5^e^. Proposition, & celui par ED sera E*g*. Or au premier cas, AE sera égale à EH, & FE à E*g*: Donc FE, EH, tems par FED, sera égal à AE*g* tems par AED. Au second cas, *g*E sera plus grande que EF, & HE que EA; & à cause de la similitude des triangles AFE & EBD, *g*E sera à EF comme HE à EA: Donc *g*E, EA, ensemble la plus grande & la plus petite, seront plus grandes que HE, EF ensemble: Donc le tems par AED sera plus grand que par FEB. Et au troisiéme cas, par de semblables raisons FE & EH seront ensemble plus grands que AE & E*g*; & par conséquent le tems par FE, EB, sera le plus grand. Ce qui étoit à prouver.

On prouvera le même si les deux lignes AEB, FED, sont toutes deux inclinées: & l'on peut conclure par ce qui est dit au troisiéme cas, qu'un poids commencant sa descente par une ligne perpendiculaire ou peu inclinée, & la finissant par une beaucoup inclinée, fait le tems plus court que s'il commençoit & finissoit au contraire, si la perpendiculaire & l'inclinée sont égales, & même quand la perpendiculaire & l'inclinée seroient un peu plus grandes que l'inclinée & la perpendiculaire.

VIII. PROPOSITION.

SOit ABC *un quart de Cercle dont le centre soit* A, & AC *perpendiculaire à l'horison;* BC *côté du quarré inscrit dans le Cercle;* BD, DE, EC, *trois côtez du dodécagone;* & BF, FC, *deux côtez de l'octogone: je dis que le tems par* BF, FC, *de suite, sera plus court que par* BC. TAB. XXIV. Fig. 9.

Car, étant tirée FH perpendiculaire à BC, BH moitié de BC est plus inclinée que BF; mais HC est moins inclinée que FC, & les deux BF, FC ne sont à BC que comme 27 à 25 à peu près. Donc, par ce qui a été dit à la fin de la précédente, le tems par BFC sera vrai-semblablement plus court que par BC; & par les mêmes raisons le tems par les trois côtez BD, DE, EC, sera encore plus court; & si on reduit en nombres ces tems, on trouvera que si le tems par BC est 100000, celui par BFC sera 93758, & celui par BDEC 93072 à peu près: D'où l'on peut conclure, que le tems par quatre soutendantes de suite sera encore plus court; & enfin que par la Circonférence BC il sera le plus court de tous, & pourroit être au tems par BC comme 93 à 100 ou 13 à 14 à peu près.

CONCLUSION.

DAns toutes les Propositions précédentes on fait abstraction de la résistance de l'air: mais étant supposée, comme elle le doit être pour rendre raison de ce qui nous paroît dans le Mouvement des pendules, voi-

ci

ci ce qu'on en peut dire. Si le poids de la pendule eſt de bois & que la réſiſtance de l'air augmente le tems de ſa deſcente par l'arc de 90 degrez de $\frac{1}{7}$; ſi le poids eſt de plomb, cette augmentation de tems ſera moindre, & encore moindre s'il eſt d'or. Et parce qu'un arc d'une ſeconde ou d'une tierce eſt pris ordinairement pour avoir même inclination & même grandeur que ſa corde, à cauſe de leur très-petite différence; ſi le tems par le côté du quarré eſt 100000, celui par l'arc d'une tierce ſera auſſi 100000, puiſque par ſa corde il eſt égal à 100000 par la 6ᵉ. Propoſition. Donc le tems par l'arc de 90 degrez ſera à celui par l'arc d'une tierce comme 12 à 13 ſelon la Propoſition précédente, ſi on fait abſtraction de la réſiſtance de l'air. Mais l'air réſiſtant plus aux grands mouvements qu'aux petits, la réſiſtance de l'air au poids qui ſe meut par l'arc d'une tierce, ſera comme rien. Donc, ſi par tout l'arc de 90 degrez cette réſiſtance augmente le tems de $\frac{1}{8}$, le tems qui étoit 12 ſera $13\frac{1}{2}$, & le tems par l'arc d'une tierce ſera encore 13, puiſque la réſiſtance de l'air ne le change point; & par conſéquent le tems des grandes vibrations & celui des plus petites ſera comme 27 à 26. Mais, ſi le poids eſt d'or, & que la réſiſtance de l'air n'augmente le tems de ſa chûte par 90 degrez que de $\frac{1}{13}$; les grandes & les petites vibrations ſeront égales: mais ſoit que le poids ſoit de bois ou de plomb, les vibrations par un arc de 30 degrez & au deſſous ſeront ſenſiblement égales; & pour les poids qui tombent librement vers le centre, ſi le principe de leur mouvement eſt égal près & loin du centre, il augmentera ſa viteſſe juſques au point ou la réſiſtance de l'air égalera ce premier principe de mouvement ou puiſſance naturelle de deſcendre, & de ce point il continuera juſques au centre avec une viteſſe uniforme, & paſſera au delà auſſi loin qu'eſt l'eſpace depuis le point de repos juſques au point de l'uniformité du mouvement s'il y avoit une ouverture pleine d'air juſques aux Antipodes. Que ſi cette puiſſance eſt comme celle du fer à l'égard de l'aimant, qui eſt plus forte plus l'aimant eſt proche, le poids augmentera ſa viteſſe au commencement de ſa chûte comme au cas précédent, juſques à un point, au delà duquel ſa viteſſe commencera à devenir ſenſiblement uniforme, quoiqu'elle s'augmente toujours un peu juſques au centre. Et enfin, ſi la premiére puiſſance eſt comme celle des cordes de lut ou des reſſorts, qui eſt plus forte loin du repos que près; la viteſſe augmentera comme ci-deſſus, au commencement de la chûte juſques à un point, d'où elle commencera à diminuer peu à peu juſques au centre, ce qui eſt facile à prouver.

Il eſt encore très facile de prouver par la 4ᵉ. Propoſition & par le commencement de cette Concluſion, que ſi les longueurs des pendules ſont entre elles comme nombre quarré à nombre quarré, & qu'on prenne leur moyenne proportionelle; le nombre des vibrations de la petite pendule ſera au nombre de celles de la grande en même tems, comme la moyenne proportionelle à la plus petite pendule, du moins ſi les vibrations ſe font par des arcs moindres que 30 degrez.

FIN.

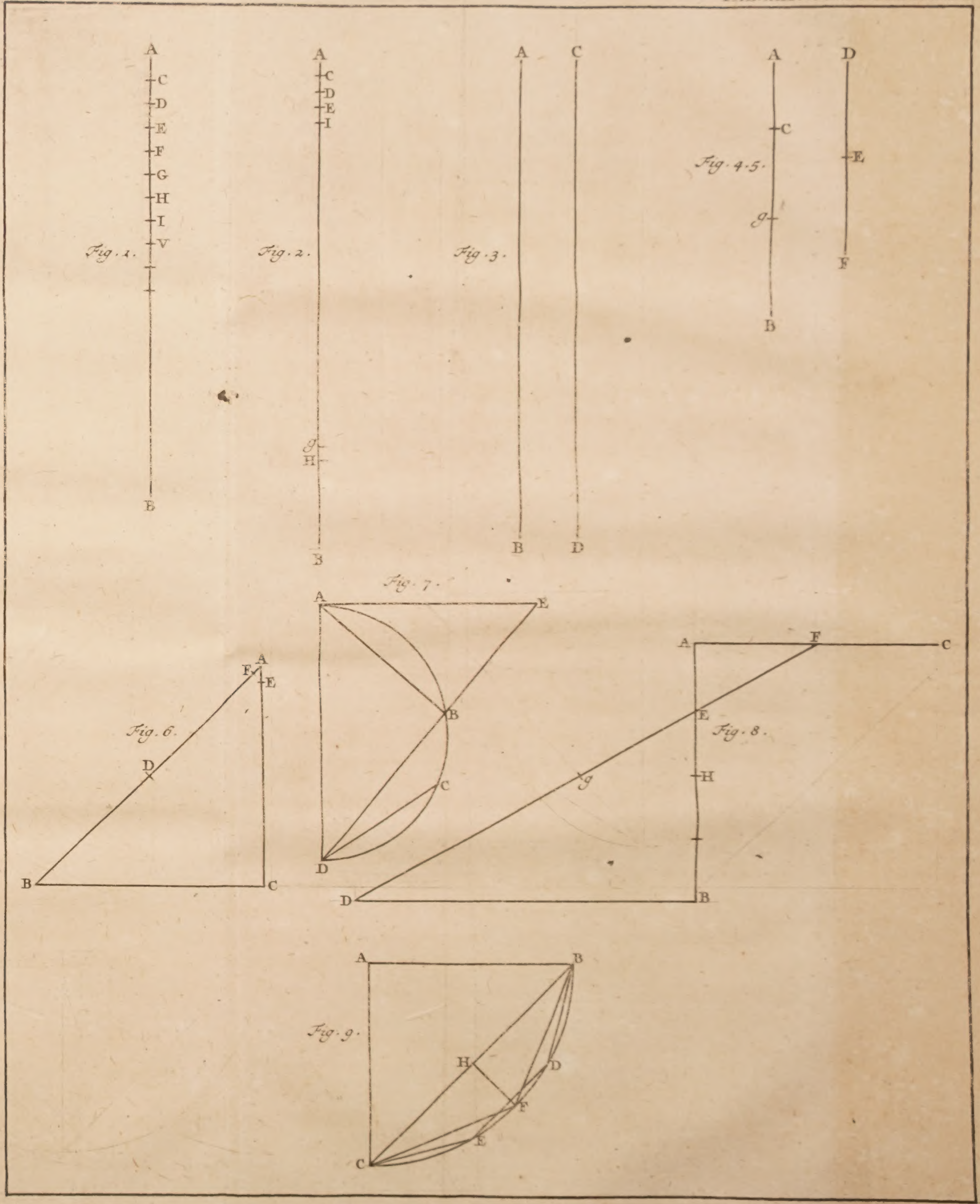


Fig. 1.
A
C
D
E
F
G
H
I
V
B
Fig. 2.
A
C
D
E
I
g
H
B
Fig. 3.
A
C
B
D
Fig. 4. 5.
A
C
g
B
D
E
F
Fig. 6.
A
F
E
D
B
C
Fig. 7.
A
E
B
C
D
Fig. 8.
A
F
C
E
H
g
D
B
Fig. 9.
A
B
H
D
F
E
C

EXPÉRIENCES
TOUCHANT LES
COULEURS
ET LA
CONGÉLATION DE L'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

Nouvelle Edition revûë & corrigée.

EXPÉRIENCES TOUCHANT LES COULEURS ET LA CONGÉLATION DE L'EAU.

EXPÉRIENCE TOUCHANT LES COULEURS.

LOrsqu'on verse deux ou trois goutes d'huile de Tartre dans un demi verre de très-beau vin rouge, il perd sa couleur rouge, devient opaque & jaunâtre comme le vin poussé & corrompu ; mais si on verse en suite deux ou trois goutes d'Esprit de souphre qui est un fort acide, ce même vin reprend entiérement sa belle couleur rouge; d'où l'on voit la raison pourquoi on fait brûler du souphre dans les tonneaux pour mieux conserver le vin, & que ce n'est pas la partie inflammable du souphre qui fait cet effet, mais son esprit acide, qui entre dans le bois du tonneau.

EXPERIENCES DE LA CONGELATION DE L'EAU.

I. EXPÉRIENCE.

J'Ai mis de l'eau commune dans un vaiſſeau de cuivre qui avoit environ huit pouces de largeur & ſix de hauteur, & l'ayant expoſée à l'air pendant une forte gelée, quelque tems après je me ſuis apperçû qu'il commençoit à s'y former de longs filets de glace, dont les uns pénétroient l'eau de haut en bas, les autres étoient couchez de travers, quelques-uns étoient attachez au fond & aux côtez du vaiſſeau, & d'autres ſe croiſoient en divers endroits. Enſuite j'ai vû ces filets s'élargir en lames très-déliées; & ayant doucement verſé l'eau par inclination pour mieux voir les lames de glace qui s'étoient formées au fond, j'ai trouvé qu'elles avoient toutes environ trois lignes de largeur, & qu'elles étoient ſéparées les unes des autres par des intervalles égaux, dont la largeur étoit auſſi d'environ trois lignes.

II. EXPÉRIENCE.

LE même vaiſſeau ayant été rempli de nouvelle eau froide & expoſée à la gelée, il s'y forma d'abord des filets & des lames de glace comme devant; & enſuite les lames de glace qui étoient au fond, s'élargirent peu à peu, & compoſérent une glace continuë qui couvroit tout le fond du vaiſſeau. Les lames de glace qui étoient au deſſus de l'eau, ſe joignirent auſſi enſemble; mais il y avoit vers le milieu de la ſurface de l'eau un petit endroit qui ne geloit point, & la glace avoit déja plus d'un pouce d'épaiſſeur que ce petit endroit n'étoit pas encore pris. L'eau ſortoit peu à peu par ce trou, & ſe glaçoit alentour à meſure qu'elle ſe répandoit; de ſorte que le trou ſe retreſſiſſoit toujours, & il ſe fit tout autour une éminence de glace d'environ un pouce de hauteur qui formoit un petit canal. Enfin le trou s'étant entiérement boûché, la glace à quelque tems delà ſe fendit avec bruit, avant que toute l'eau qui étoit au milieu, fût glacée.

III. EXPÉRIENCE.

POur connoître ce qui faiſoit ſortir l'eau par ce petit canal, & ce qui avoit fait rompre la glace, je pris un grand verre de figure conique, & l'ayant empli d'eau juſques à trois ou quatre lignes près du bord, je con-

confidérai foigneufement le progrès de la congélation. Après qu'il fe fut formé de petits filets, & puis de petites lames de glace, dont quelques-unes étoient découpées comme des feuilles de perfil, & d'autres dentelées comme une fcie; plufieurs petites bulles d'air commencérent à paroître au fond & aux côtez du verre, & groffirent peu à peu. Quelques-unes de ces bulles demeuroient engagées dans la glace, d'autres fe détachoient & montoient jufqu'en haut. Plus l'eau geloit, plus il fe formoit des bulles. Cependant l'eau fortoit toujours par le petit canal; & comme elle geloit auffi-tôt qu'elle s'étoit répanduë, la glace devint enfin fi haute alentour du petit canal, que d'un côté elle furpaffoit les bords du verre, de maniére que l'eau couloit par deffus. Alors je fis une autre petite ouverture avec une épingle à l'autre côté où la glace étoit moins épaiffe, & auffi-tôt l'eau prit fon chemin par là. Cette ouverture ayant été renouvellée de tems en tems, le premier trou par où l'eau ne fortoit plus, fe ferma entiérement. Enfuite la glace boucha auffi la feconde ouverture que l'on avoit ceffé de renouveller; & cependant il y avoit toujours des bulles qui fe formoient dans l'eau qui n'étoit pas encore gelée, & s'élevoient jufqu'au haut de cette eau. Quelque tems après que le fecond trou fut boûché, j'entendis la glace craquer, & je trouvai qu'elle s'étoit fenduë par le haut en deux endroits; que vers les deux tiers de la hauteur du verre la glace de deffus s'étoit entiérement féparée de celle de deffous par un efpace d'environ deux lignes; & que dans le milieu de la glace il y avoit un peu d'eau qui n'étoit pas encore gelée. Je remarquai auffi que dans toute cette glace il y avoit une infinité de petites bulles qui fe terminoient en pointe, & qui s'alongoient prefque toutes vers le milieu du verre; & qu'à l'endroit où l'eau avoit gelé la derniére, la glace étoit blanchâtre & peu tranfparente, prefque comme de la neige preffée.

Par ces expériences je jugeai que la raifon pourquoi l'eau enfermée dans la glace s'élevoit & fe répandoit par enhaut, étoit que les bulles qui fe formoient, venant à s'étendre, la preffoient & la pouffoient dehors: Que le petit canal avoit demeuré long-tems fans fe glacer, parce que l'eau qui y paffoit continuellement, l'entretenoit ouvert: Que lorfque la glace avoit enfin bouché ce paffage, les bulles dont le nombre augmentoit toujours, avoient enfin été trop preffées, & par l'effort qu'elles faifoient pour s'étendre, avoient rompu la glace: Que c'étoit auffi ce même effort qui avoit fait féparer la glace de deffus d'avec celle de deffous: Et que la blancheur & l'opacité de la glace qui s'étoit formée de la derniére, venoient de ce qu'il s'y étoit mélé quantité de ces bulles.

Si l'on demande d'où ces bulles viennent, Je reponds, qu'elles fe forment d'une matiére aërienne dont l'eau eft toute remplie, comme l'on voit par l'expérience du Vuide. Car fi l'on met un verre plein

 d'eau

d'eau dans le récipient, on voit fortir de l'eau quantité de femblables bulles lors que l'on pompe l'air: Et la même chofe arrive quand on fait bouillir de l'eau fur le feu. On dira peut-être que dans l'eau bouillante ces bulles viennent du feu. Mais j'ai vû plufieurs de ces bulles demeurer plus de fix femaines au fond d'un plat rempli d'eau, fans diminuer notablement de volume; quoique le plat ne fut plus fur le feu, & même qu'il fut expofé à un air affez froid: d'où je conclus que ces bulles ne font point des particules de feu. On pourroit auffi douter fi elles ne viennent point de la matiére du vaiffeau, ou de l'air qui eft contenu dans fes pores. Ce doute, qui femble affez bien fondé, m'a donné occafion de faire une expérience curieufe. Je verfai de l'huile dans un petit vaiffeau, & avec la tête d'une épingle je mis doucement une goute d'eau au deffus de cette huile. Ayant enfuite mis le vaiffeau fur le feu, je ne vis point de bulles fortir de l'huile; mais j'en vis beaucoup fortir de la goute d'eau. Lorfque l'huile fut plus échauffée, la goute d'eau tomba au fond, & les bulles continuérent à en fortir: Mais ce qu'il y a de furprenant, un peu après il fe fit une efpéce de fulmination, & au même inftant le deffus de l'huile fut tout couvert des bulles, dont quelques-unes étoient plus groffes que toute la goute d'eau. Cette expérience me fit juger que la matiére dont les bulles fe forment eft contenuë dans l'eau, & qu'elle fe change en air lorfque l'eau géle, ou qu'on la fait bouillir, ou que l'on pompe l'air d'alentour en faifant l'expérience du Vuide.

Pour expliquer comment les bulles fe forment, pourquoi elles s'enflent, & comment fe font les filets qui paroiffent au commencement de la congélation; on peut dire qu'il y a beaucoup d'apparence que la fluïdité des liqueurs aqueufes vient de ce que leurs parties font continuellement agitées par le mouvement de cette matiére aërienne, & que ce mouvement eft entretenu par la chaleur. D'où il s'enfuit, que lorfqu'il fait un très grand froid, ce mouvement devient fi foible qu'il ne peut plus agiter les parties de l'eau, de maniére qu'elles s'attachent au vaiffeau; & puis elles fe joignent les unes aux autres; & de là viennent les filets & ces lames de glace que l'on voit paroître lorfque l'eau commence à geler. Alors la matiére aërienne fe dégage de l'eau qui géle: & comme les efprits du vin nouveau étant féparez de la matiére groffiére du vin fe mettent en mouvement, font fortir le vin par le bondon, & rompent le tonneau fi on ne leur donne paffage; ainfi cette matiére aërienne en fe dilatant fait fortir l'eau par le petit trou qui demeure ouvert, & lorfque ce trou eft bouché, elle rompt la glace qui la tient trop preffée. Pour faire voir qu'il n'y a point d'autre caufe de cette rupture, je fis l'expérience fuivante.

IV. EX-

IV. EXPÉRIENCE.

JE mis de nouvelle eau froide dans le vaiſſeau dont je m'étois ſervi aux deux premiéres Expériences. Lorſque l'eau fut toute gelée par deſſus en ſorte qu'il n'y reſtoit plus d'ouverture, je perçai la glace avec une groſſe épingle. Auſſi-tôt il ſortit un jet d'eau de la hauteur de plus de deux pouces, qui enleva l'épingle qui étoit demeurée dans le trou. Je continuai de percer la glace de tems en tems, juſqu'à ce que l'eau fut toute gelée ; & après cela je la laiſſai expoſée à un air très-froid deux jours & deux nuits de ſuite. Mais la glace ne creva point, quoique d'autre glace qu'on n'avoit point percée, crevât tout auprès.

V. EXPÉRIENCE.

JE voulus voir s'il falloit beaucoup de ces bulles pour rompre la glace ; & ayant pour cela fait geler d'autre eau dans le même vaiſſeau, je perçai la glace de tems en tems. Quand l'eau fut preſque toute gelée, je tirai la glace entiére hors du vaiſſeau l'ayant un peu fait échauffer, & je la laiſſai expoſée à l'air ſans la percer davantage. Un quart d'heure après je l'entendis rompre, & je la trouvai ſéparée en deux parties preſqu'égales, en chacune deſquelles il y avoit une cavité d'environ un pouce de diamétre, qui étoit l'eſpace qu'occupoient les bulles, & le reſte de l'eau étoit demeuré liquide. La glace étoit tout autour épaiſſe de plus de trois doigts ; & néanmoins les bulles qui s'étoient formées du peu d'eau qui reſtoit, n'avoient pas laiſſé de la rompre.

VI. EXPÉRIENCE.

PLuſieurs perſonnes ont taché de faire des miroirs ardens avec de la glace : mais il eſt difficile d'y réüſſir, parce que d'ordinaire la glace n'eſt pas parfaitement tranſparente. Cependant, ayant jugé par les expériences précédentes, que ſi l'on faiſoit ſortir la matiére aërienne qui eſt dans l'eau avant que de l'expoſer à la gelée, on pourroit avoir de la glace très pure ; j'en voulus faire l'eſſai. Je fis donc bouillir de l'eau nette ſur le feu environ l'eſpace d'une demi-heure pour faire évaporer la matiére aërienne, & je l'expoſai enſuite à un air très-froid. Tout proche de cette eau chaude, j'en mis autant de froide dans un autre vaiſſeau, afin de les comparer enſemble. L'eau froide commença à geler avant que la chaude fût ſeulement refroidie, & il s'y forma quantité de bulles. L'eau chaude gela auſſi à la fin : mais la glace avoit deux pouces d'épaiſſeur de tous côtez, qu'il ne s'y étoit encore

core formé aucune bulle ; de sorte qu'elle étoit parfaitement transparente. Je mis un morceau de cette glace dans un petit vaisseau concave sphérique, & ayant approché ce vaisseau du feu, je fis fondre peu-à-peu la glace d'un côté jusqu'à ce qu'elle eût pris un figure convexe sphérique. J'en fis autant de l'autre côté, retournant souvent la glace, & versant l'eau de tems en tems à mesure que la glace se fondoit. Lorsque la glace eut une figure convexe assez uniforme, je la pris par les deux bords avec un gand, afin que la chaleur de la main ne la fit pas si tôt fondre, & je l'exposai au soleil. Cette expérience eût le succès que j'attendois : Car en fort peu de tems par le moyen de cette glace je mis le feu à de la poudre fine que j'avois placée au foyer ou point brulant où les rayons se réünissent. Il est vrai que quelque soin que l'on prenne il est impossible de faire évaporer de l'eau toute la matiére aërienne, & d'empêcher qu'il ne se forme quelques bulles dans le milieu de la glace ; mais on en a toujours une épaisseur considérable qui est parfaitement transparente.

F I N.

ESSAI
DE
LOGIQUE
CONTENANT

LES PRINCIPES DES SCIENCES, ET LA MANIERE DE S'EN SERVIR POUR FAIRE DE BONS RAISONNEMENS.

DIVISÉ EN DEUX PARTIES,

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

Nouvelle Edition revûë & corrigée.

PRÉFACE.

IL y a ſujet de s'étonner de ce que les plus fameux Philoſophes tant anciens que modernes, ont tenu des opinions ſi différentes dans les points les plus importans de la Philoſophie : & il eſt difficile de bien juger quelles ont été les véritables cauſes de cette diverſité de ſentimens ; car on ne peut pas dire que leurs yeux & leurs autres ſens ayent reçû en des maniéres différentes les impreſſions des objets. Ils ſe ſervoient des mêmes régles à l'égard du raiſonnement, & ils faiſoient également profeſſion de rechercher & d'enſeigner la vérité ; & cependant ils ont ſoutenu pluſieurs choſes entiérement oppoſées, & n'ont jamais pû mettre fin à leurs conteſtations.

Ariſtote & Deſcartes *veulent, qu'il n'y ait dans le monde aucun eſpace, quelque petit qu'il puiſſe être, qui ne ſoit rempli de quelque matiére.* Epicure & Gaſſendi *ſoutiennent le contraire, & diſent qu'il eſt impoſſible qu'il ſe faſſe aucun mouvement dans la nature, s'il n'y a quelques petits intervalles vuides entre les corps, & entre les petites particules qui les compoſent.* Ariſtote & Ptolomée *ont placé la Terre en un parfait repos dans le centre du Monde ;* Copernic & *les* Pythagoriciens *avant lui, l'ont miſe au rang des Etoiles errantes.* Les Stoïciens *ont crû que la vertu étoit l'unique bien des hommes :* Epicure *& ſes Sectateurs n'ont point reconnu d'autre bien que la volupté. Il y a même eu des Sectes entiéres qui ont rejetté toutes les ſciences, & qui ont ſoutenu que toutes les apparences que nous avons des choſes, n'étoient que des illuſions continuelles, & qu'il étoit impoſſible de rien découvrir de certain, ni par nos ſens, ni par notre raiſonnement.*

Après avoir fait pluſieurs reflexions ſur ces contrariétés, & ſur beaucoup d'autres qui ont été entre les Philoſophes, j'en ai remarqué trois cauſes principales.

La premiére ; que leur Logique étoit défectueuſe, particuliérement à l'égard des définitions, & de la méthode qu'il faut ſuivre pour bien établir une hypothèſe.

La ſeconde ; que dans les ſciences naturelles ils s'attachoient trop aux raiſonnemens, & trop peu aux expériences.

La troiſiéme ; que la plupart de ces Philoſophes ont été de mau- vaiſe

vaiſe foi ; & que, ſans ſe mettre beaucoup en peine de découvrir la vérité, ils n'ont eu pour but, que d'accommoder leur Philoſophie à leur profit, ou à leur gloire : les uns ſe faiſant chefs de parti, & les autres, dont le génie étoit moins ambitieux, ſe contentant de choiſir quelque Secte par caprice, & de la ſoutenir aveuglément en tous ſes points ; en cela ſemblables à de certains animaux qui ſuivent par tout ceux de leur eſpéce qui marchent devant eux, même quand ils les conduiroient dans des précipices.

Ces mêmes déſordres durent encore aujourd'hui parmi ceux qui s'appliquent aux ſciences : car on auroit peine à faire voir qu'aucun d'eux ait quitté quelqu'une des opinions de ſon parti, après qu'on lui en a fait voir la fauſſeté ; ni qu'il ait conſidéré, qu'encore que celui qu'il a pris pour guide, ait mieux rencontré que les autres en quelques connoiſſances particuliéres, il étoit très-difficile qu'il ne fût auſſi tombé en quelques erreurs.

Ce mal ſeroit peu important, s'il ne s'agiſſoit que d'une vaine curioſité, puis qu'on a ſouvent autant de divertiſſement à lire des Fables & des Romans, qu'à lire des Hiſtoires véritables : mais il arrive ordinairement que nos malheurs procédent des erreurs dont nous nous laiſſons prévenir. Combien de fois a-t-on vû des Curieux trompez par les impoſtures des Aſtrologues & des Chimiſtes? La plupart des Médecins prévenus d'une mauvaiſe Phyſique, en tirent pluſieurs conſéquences pernicieuſes à notre ſanté & à notre vie ; & les Etats les plus floriſans ſont ſouvent renverſez par une fauſſe Politique, & par une Morale mal fondée.

C'eſt ce qui m'a donné ſujet de rechercher ſi on ne pourroit pas trouver quelque voïe aſſurée pour établir quelque certitude dans les ſciences, ou du moins pour empêcher les diſputes, en déterminant ce qu'on peut recevoir au défaut des vérités inconteſtables.

Et enfin, après avoir long-tems examiné cette matiére, j'ai crû qu'on ne pouvoit mieux faire que de propoſer quelques vérités, dont tous les hommes non prévenus demeuraſſent facilement d'accord, pour ſervir de principes & de fondemens pour les autres connoiſſances ; & d'enſeigner enſuite une méthode & des régles, pour employer ces vérités à découvrir d'autres vérités plus cachées.

J'ai diviſé, pour cette raiſon, ce petit Traité en deux Parties.

Dans la premiére, j'avance pluſieurs propoſitions que je croi devoir être reçues pour véritables. Quelques-unes doivent ſervir de Régles pour le raiſonnement, & les autres de Principes certains

pour établir les Sciences, particuliérement la Physique & la Morale.

Il y a de ces Propositions qui sont très-évidentes d'elles-mêmes, comme la premiére: Il y en a qui se prouvent par induction, c'est à dire par les exemples qu'on en donne; comme, la deuxiéme, la troisiéme, & la dix-huitiéme: Il y en a même quelques-unes qui sont prouvées par un raisonnement facile, fondé sur quelques propositions précédentes; comme la douziéme.

J'ai mêlé parmi ces Propositions, plusieurs petits discours qui servent à expliquer la signification de quelques noms, comme le Discours qui est entre la sixiéme & la septiéme, afin qu'on ne se trompe point dans le sens des propositions.

La seconde Partie a beaucoup de choses semblables à la Logique ordinaire, & c'est proprement une méthode pour se bien conduire en la recherche & en la preuve de la vérité. On y a mis quelques démonstrations de Géometrie & d'Arithmétique, pour servir de modéles pour les raisonnemens, & pour donner quelque connoissance de ces sciences: que si quelques-uns trouvent ces démonstrations trop difficiles, ils pourront passer légérement par dessus, sans se mettre en peine de les comprendre exactement, ou quitter le dessein d'apprendre les sciences par raisonnement; puis qu'ils y trouveront beaucoup d'autres démonstrations plus obscures & plus embarrassantes. On y a mis aussi quelques démonstrations de Physique assez difficiles, à dessein de faire voir combien il est malaisé de pénétrer les secrets de la Nature, & qu'une véritable Physique seroit beaucoup plus difficile que la Géométrie.

Or quoique ce Traité n'ait pas toute sa perfection, j'ai crû qu'il ne seroit pas inutile de le donner au public; soit parce qu'il pourra servir de modéle à ceux qui voudront entreprendre d'en faire un plus achevé sur le même dessein, soit afin qu'en ayant moi-même reconnu les défauts par les difficultés que quelques-uns y pourront trouver, je puisse le rendre moins défectueux & plus utile au dessein que je me suis proposé, qui est de faire cesser, autant qu'il est possible, les disputes entre les Savans, afin qu'ils puissent travailler de concert à l'accroissement des Sciences.

ESSAI

ESSAI DE LOGIQUE.

PREMIÉRE PARTIE.

Contenant les premiers Principes des Sciences.

DEMANDES.

I.

On demande que les mots & les façons de parler ſoient ici pris dans le ſens qui leur eſt donné ; ou qu'on en mette d'autres en leur place de même ſignification.

II.

Qu'on accorde que nous ſommes quelquefois diſpoſez de telle ſorte, qu'alors la plupart des actions qu'il nous ſemble faire, comme parler, marcher, ouvrir les yeux, nous les faiſons véritablement ; & que la plupart des choſes qu'ils nous ſemble alors appercevoir hors de nous, ſont & exiſtent véritablement hors de nous, quelles que ſoient ces choſes.

III.

Qu'on donne un même nom aux choſes ſemblables, entant qu'elles ſont ſemblables, & des noms différens aux choſes différentes, entant qu'elles ſont différentes ; ou ſi les noms ſont donnez autrement, qu'on n'en confonde point les ſignifications.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DU RAISONNEMENT.

I. Tout ce que nous penſons, il eſt vrai que nous le penſons.

II. Il y a des Propoſitions ſi certaines & ſi évidentes d'elles-mêmes, que pourvu qu'on entende leur ſignification, on ne peut douter de leur vérité ; & elles ſont reçuës pour certaines & infaillibles, ſans ſuppoſer aucune autre connoiſſance précédente : Comme ; *chaque choſe eſt égale à elle-même ; le tout eſt plus grand qu'une de ſes parties ; les choſes égales à une autre ſont égales entr'elles ; ſi à des choſes égales on ajoute des choſes égales, les touts ſeront égaux ; ſi de choſes égales on retranche*

 des

des choses égales, les restes seront égaux ; il est impossible qu'en même tems une chose soit & ne soit pas. Ces Propositions seront ici appellées Principes de connoissance, ou vérités premiéres ; & leurs contraires, comme *une partie d'une chose est égale à la chose entiére*, faussetés premiéres.

III. Il y a des Propositions qui d'abord ne paroissent ni fausses ni vraiës ; comme *les trois angles d'un Triangle sont ensemble égaux à deux angles droits.* Mais lors qu'on fait voir qu'elles sont comprises sous des vérités premiéres, & tellement conjointes & liées avec elles, qu'elles ne peuvent être fausses, que ces vérités premiéres ne le soient aussi ; elles sont tenuës pour certaines. Que si on montre qu'elles soient comprises sous des faussetés premiéres, elles sont tenuës pour fausses. Mais, si on ne fait voir aucune de ces liaisons & connexités, elles demeurent toujours douteuses.

IV. La connexité & liaison d'une proposition avec quelques autres propositions, est montrée en cette sorte ; *Si le Soleil luit, il est jour ; le Soleil luit ; donc il est jour :* ou en celle-ci ; *tout animal est vivant ; tout homme est animal ; donc tout homme est vivant :* ou en d'autres maniéres aussi claires & aussi évidentes. Car en chacun de ces discours, on connoît facilement & clairement que la troisiéme proposition est tellement liée & conjointe avec les deux premiéres, qu'elles ne peuvent être tenuës pour vraiës, qu'on ne la tienne aussi pour vraië. On appellera cet assemblage de propositions par lequel on connoît la connexité de la derniére avec les deux premiéres, Raisonnement, Argument, ou Syllogisme : & le discours par lequel on connoît la connexité d'une proposition douteuse, avec des propositions certaines & infaillibles, soit qu'il soit composé d'un argument ou de plusieurs ; on l'appellera preuve ou démonstration.

V. Si une proposition douteuse est prouvée par une ou plusieurs vérités premiéres, & qu'on fasse voir qu'une autre proposition douteuse soit comprise sous celle qui est prouvée, cette autre proposition sera tenuë pour prouvée, & ainsi à l'infini.

VI. Les vérités premiéres ne doivent point être prouvées par d'autres vérités premiéres, puis qu'elles sont très certaines d'elles-mêmes.

Les propositions prouvées qui servent à prouver beaucoup d'autres propositions, seront appellées Principes seconds, ou Propositions fondamentales.

VII. Les propositions qui ne sont pas des vérités premiéres, ne peuvent servir de principes pour en prouver d'autres, si elles ne sont prouvées.

VIII. On ne peut prouver une proposition, ni faire connoître une chose par une autre, qui soit autant ou plus inconnuë ; & si on a prouvé une proposition par une autre, on ne peut pas prouver réciproquement cette derniére par la premiére.

Croi-

Croire une propofition, c'eft la tenir pour vraië, foit qu'elle foit vraië ou fauffe.

On appellera ici fcience, la connoiffance qu'on a des vérités premiéres, & de ce qui eft prouvé.

Mais fi on croit une propofition qui n'eft pas vérité premiére, ni prouvée ; on appellera cette créance opinion, foit que la propofition foit vraië ou fauffe.

Propofition intellectuelle eft une propofition qu'on peut juger vraië, ou fauffe par elle-même, ou par le raifonnement, fans qu'il foit befoin de fe fervir des fens pour en avoir la certitude, mais feulement pour entendre fa fignification : comme ; *les chofes égales à une autre font égales entr'elles* ; *en tout Triangle le plus grand angle eft foutenu du plus grand côté.*

Propofition fenfible eft celle qui ne peut être jugée vraië ou fauffe, fans l'aide des fens : comme ; *il eft des Etoiles* ; *le feu brûle* ; *le plomb eft plus pefant que l'argent.*

IX. Les propofitions fenfibles douteufes font prouvées vraiës, quand on fait tomber fous les fens, les chofes dont on eft en doute. Comme fi quelqu'un étant dans une chambre fermée & obfcure, doutoit de cette propofition, *il eft jour* ; elle lui feroit prouvée, fi on ouvroit les fenêtres, & qu'on lui fit voir le Soleil. De même, fi quelqu'un doutoit de cette propofition ; *l'or fe fond plus difficilement que le plomb* ; elle lui feroit prouvée fi on lui en faifoit voir l'expérience. On appellera ici cette forte de preuve, preuve par induction, ou preuve par expérience.

X. Il ne faut point difputer contre ceux qui nient les vérités premiéres, parce qu'on ne peut rien prouver que par les vérités premiéres.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES, POUR ETABLIR LES SCIENCES DES CHOSES NATURELLES.

ON appellera ici effet, tout changement qui arrive en une chofe, ou la production d'une nouvelle chofe.

XI. Si une chofe étant pofée il s'enfuit un effet ; & ne l'étant point, l'effet ne fe fait pas, toute autre chofe étant pofée : ou fi en l'ôtant, l'effet ceffe ; & ôtant toute autre chofe, l'effet ne ceffe point : Cette chofe là eft néceffaire à cet effet, & en eft caufe.

XII. Si deux chofes étant pofées il fe fait un effet, & que l'une produife l'effet, & l'autre le reçoive ; celle qui ne fouffre point de changement, eft celle qui produit l'effet.

XIII. De quelque façon que les chofes qui tombent fous nos fens nous paroiffent, il eft vrai qu'elles nous paroiffent de cette forte.

Ce

Ce qui nous paroît dans les choses, comme la couleur, la figure, l'odeur, la pesanteur, d'où les choses sont dites rouges ou blanches, rondes ou quarrées, odoriférantes, pesantes, &c; sera ici appellé qualité : & les choses qui ont ou paroissent avoir des qualités entant qu'elles les ont, ou paroissent les avoir, seront appellées des substances; comme un arbre, une étoile, le soleil, &c.

XIV. Les propositions sensibles par lesquelles nous assurons qu'une substance a de certaines qualités, comme, *ce que je touche est chaud*, *le Soleil est lumineux*, *le sucre est doux*, seront reçuës pour vraiës, si ces qualités ou apparences de qualités tombent sous nos sens: Car, par le treiziéme principe cette substance nous paroît de cette sorte; & par l'onziéme, elle produit cette apparence: d'où il suit, ou qu'elle a ces qualités, & qu'elle est telle qu'elle nous paroît, ou du moins qu'elle est telle à notre égard, c'est à dire, qu'elle est disposée à produire ou faire produire véritablement en nous ces effets, que nous appellons voir de la lumiére, sentir de la chaleur, goûter de la douceur, & ainsi des autres qualités sensibles.

XV. Les propositions sensibles par lesquelles nous assurons qu'une chose est une telle substance, comme, *ce que je vois est une rose*, seront reçuës pour vraiës par ceux qui reconnoîtront immédiatement par plusieurs observations dans le sens du principe précédent, toutes les qualités, causes, effets, & circonstances de cette substance, qui toutes ensemble ne conviennent qu'à cette substance. On appellera ces propositions, & celles dont il est parlé dans le Principe précédent, Principes de connoissance sensible, ou vérités premiéres sensibles; car il n'y a rien de plus certain dans les connoissances qui dépendent des sens.

On dira d'une chose, qu'elle est possible intellectuellement; quand la proposition qui asseure qu'elle est impossible, n'est pas une vérité prémiére intellectuelle, ni comprise sous aucune vérité premiére intellectuelle; comme si cette proposition, *Il est impossible de tirer une ligne droite d'un point à un autre*, n'est pas une vérité premiére intellectuelle, ni comprise sous une ou plusieurs vérités premiéres intellectuelles; on dira qu'il est possible intellectuellement qu'une ligne droite soit tirée d'un point à un autre.

XVI. Tout possible intellectuel ne se réduit pas en effet.

XVII. Le monde est un possible intellectuel réduit en effet.

On appelle ici la Nature, la disposition des choses qui composent le monde de la sorte qu'elles sont disposées à produire leurs mouvemens, agir, & recevoir les effets les unes des autres comme elles font, pendant toute la durée du monde, & dans toute son étenduë.

XVIII. Même ou semblable cause naturelle, & semblablement disposée, en un sujet même ou semblable & semblablement disposé, produit un semblable effet.

XIX. Les causes posées, l'effet se fait naturellement au sujet disposé.

Possi-

Possible naturel est, ce dont les causes sont en la nature, ce qui arrive d'ordinaire, & qui n'est pas au dessus du pouvoir de la nature; comme, il est possible naturellement qu'il pleuve, qu'il se fasse un tremblement de terre, qu'un homme marche, &c.

XX. Tout possible intellectuel n'est pas possible naturel; mais tout possible naturel est aussi possible intellectuel.

XXI. Tout possible naturel ne se reduit pas en effet.

Une chose sera appellée naturellement possible, quand une semblable a été faite.

XXII. Il y a quelque chose dans les substances sensibles naturelles, qui est comme le fondement & l'appui de leurs qualités, & qui ne se perd point, quoique les qualités se perdent, & qu'une substance devienne une autre; comme, la terre & l'eau se convertissent en blé, le blé en pain, le pain en sang, le sang en chair, la chair en feu ou en terre, &c. Or cette chose qui reçoit successivement les qualités du blé, du pain, du sang, &c. je l'appelle la matiére des substances.

XXIII. Les effets ne sont pas avant leurs causes, & tout effet a une ou plusieurs causes.

XXIV. Il n'y a pas en même tems une subordination infinie de causes naturelles d'un même effet; mais chaque effet a une ou plusieurs causes premiéres, ou du moins, on ne peut aller à l'infini dans la recherche des causes naturelles d'un même effet.

XXV. Les causes ne font leurs effets que sur ce qui est capable de les recevoir, & suivant qu'il est disposé.

XXVI. Il y a une suite de causes & d'effets en la nature, suivant laquelle les choses naturellement possibles se reduisent en effet: comme, le Soleil fait élever l'eau en vapeurs; les vapeurs épaissies & condensées dans l'air retombent en pluïe; la pluïe fait croître les herbes; les herbes nourrissent les animaux; & ainsi de suite.

On appellera possible selon l'ordre de la nature, ce qui doit se réduire en effet suivant cette suite de causes.

XXVII. Il y a des causes naturelles qui s'empêchent les unes les autres; mais les effets se font suivant les plus fortes. Comme, l'eau ne monte point, parce qu'elle est plus pesante que l'air; mais étant poussée dans une pompe, elle monte: l'air échauffé se dilate; mais s'il est pressé & retenu dans quelque corps solide, il demeure au même état de condensation.

XXVIII. Il y a de la différence d'être possible selon l'ordre de la nature & la suite des causes naturelles, & d'être possible de la simple possibilité naturelle: comme, il est possible de la simple possibilité naturelle qu'un dé bien fait qu'on laisse tomber sur une table, se tourne sur quel que ce soit de ses faces; mais suivant la suite des causes, il y en a une déterminée.

XXIX. La plupart des qualités naturelles ne sont autre chose que la

disposition de la matiére à faire & recevoir de certains effets : ainsi une corde de Luth frappée produit le son par le mouvement qu'elle imprime en l'oreille, quoiqu'en la corde il n'y ait aucun son, mais seulement un mouvement.

XXX. La plupart des qualités naturelles ne nous paroissent que suivant le rapport que les substances ont à nous, & à nos sens; & si nos sens changeoient de disposition, elles nous pourroient paroître d'une autre sorte : ainsi, le vin semble amer en une disposition, & d'agréable saveur en une autre; une même chose sans changement paroît chaude à ceux qui ont froid, & froide à ceux qui ont chaud. La raison est, que tout sentiment est un effet que nous recevons par le douziéme principe; mais les effets ne se font que suivant le rapport des choses entr'elles par le vingt-cinquiéme, & par conséquent les choses ne nous paroissent que suivant le rapport qu'elles ont à nous & à nos sens.

XXXI. Le plus & le moins d'une qualité, soit apparente ou réelle, nous fait souvent donner des noms différens de qualité, quoique ce ne soit que la même; comme la petitesse & la grandeur, la pesanteur & la legéreté, la vitesse & la lenteur. La raison est, que, comme nous participons à ces qualités, elles ne nous paroissent pas telles qu'elles sont absolument & en elles-mêmes, mais seulement par comparaison. Ainsi nous appellons sans saveur, l'eau qui est moins salée que notre langue; & froide, celle qui est moins chaude que notre main; quoique réellement l'une soit salée & l'autre chaude : de même, l'air est dit leger au respect de l'eau, parce que l'eau tend en bas avec plus de violence, & chasse l'air en haut; mais si on mettoit de l'air au dessus d'un corps plus leger, il pourroit descendre & paroître pesant.

Qualité essentielle d'une substance, est celle sans laquelle elle n'auroit pas le nom qu'elle a : comme, la lumiére & la chaleur sont des qualités essentielles au feu; car une substance ne sera pas appellée feu, si elle n'a ni chaleur ni lumiére.

Qualité accidentelle est une qualité qui peut être & n'être pas en une substance, sans changer son nom de substance qu'elle a pour d'autres qualités : comme, la blancheur est une qualité accidentelle à un homme; car on ne l'appelle pas homme à cause de la blancheur. On peut comprendre aussi sous le nom d'accident, ou qualité accidentelle, ou attribut, ce qui arrive à une chose & la concerne en quelque sorte que ce soit, lors qu'elle en a quelque nom : comme, lors qu'une chose est dite vieille ou nouvelle, éloignée ou proche; & qu'un homme est dit être assis ou debout, être vétu, nu, embarqué, armé, &c.

Qualité propre ou propriété, est une qualité qui ne faisant point donner le nom, se trouve en une substance particuliére, & non dans les autres; comme, les facultés de rire & de parler sont des qualités propres aux hommes.

XXXII. Quelque chose que ce soit, n'est autre chose qu'elle même:

me : mais beaucoup de choſes ont divers noms de ſubſtance, à cauſe de diverſes qualités qui ſont en elles; comme, on dit d'un Aigle, que c'eſt une ſubſtance, un corps, un animal, un oiſeau, un aigle.

Lorſque pluſieurs choſes différentes & qui ont des noms différens, ont quelque choſe de ſemblable qui leur fait donner un nom commun de ſubſtance, elles ſeront dites être d'un même genre à l'égard de leur nom commun, & être des eſpéces de ce genre, à l'égard de leurs noms différens : comme, un Aigle & un Cigne, qui ont le nom commun d'oiſeau, à cauſe de quelques choſes qui leur ſont communes, comme de voler, d'avoir des plumes, &c. ſeront dits être du genre des oiſeaux, & chacun d'eux être une eſpéce d'oiſeau; les roſes & les tulippes ſeront dites être du genre des fleurs, & chacune d'elles être une eſpéce ou ſorte de fleur.

On dira la même choſe des qualités différentes qui tombent ſous un même ſens, ou qui ont quelque autre choſe ſemblable qui leur fait donner un nom commun : comme, la blancheur & la rougeur ſont des eſpéces de couleur; & l'aigreur & l'amertume, des eſpéces de ſaveur.

XXXIII. Toutes les choſes ſont particuliéres, & l'une n'eſt pas l'autre, quoiqu'elles ayent des noms communs de genre ou d'eſpéce : quelques-unes ont des noms qui denotent leur individuité, c'eſt à dire, leur particularité ou ſingularité, comme le Soleil, la Lune, Platon, Bucéphale, &c : la plupart n'en ont point; mais on peut les diſtinguer, en diſant par exemple, ce cigne, ce cheval, cette épée, cette maiſon, &c.

XXXIV. Une qualité eſt naturelle à une choſe, lorſque, rien d'externe n'agiſſant ſur elle, elle conſerve cette qualité, ou la reprend, lorſque ce qui la lui avoit fait perdre, eſt éloigné ou ôté : mais ſi par l'éloignement de quelque cauſe externe, quelque choſe perd une qualité, cette qualité n'eſt pas naturelle à cette choſe qui la perd.

XXXV. Nos ſens ne diſcernent point avec exactitude les petites différences des choſes entr'elles; comme, la vûë ne peut diſcerner ſi l'aiguille d'une montre eſt en mouvement ou non, ſi une ligne eſt exactement droite, ſi une ſurface eſt parfaitement plane & polie, &c.

Signes d'une choſe ſont ſes cauſes, ſes effets, ce qui la précéde, la ſuit & l'accompagne d'ordinaire.

XXXVI. On ne peut pas aſſurer avec une certitude entiére, qu'une choſe ſoit une telle ſubſtance, ou une telle qualité; ou qu'elle produiſe un tel effet, ſi étant ſuppoſée une autre choſe poſſible, on pourroit avoir dans une diſpoſition poſſible, de ſemblables ſignes, & apparences de l'une que de l'autre.

XXXVII. Quoiqu'il paroiſſe pluſieurs ſignes d'une choſe, s'il en paroît un ſeul qui n'y puiſſe convenir, ou ſi un qui devroit néceſſairement paroître ne paroît pas, ce n'eſt pas cette choſe : comme, encore que le ſalpétre ait beaucoup de ſignes de l'eau glacée, on jugera que

ce n'en eſt pas, quand on verra qu'il excite de petites flammes bleuës, en le mettant ſur un charbon ardent ; car c'eſt un ſigne qui ne convient point à l'eau glacée.

XXXVIII. Les propoſitions ſenſibles univerſelles, comme, *l'eau éteint le feu*, *les hommes de l'Europe ſont blancs*, dépendent des particuliéres, & ne ſont connuës vraïes que par elles ; & ſont fauſſes, lorſqu'une particuliére eſt contraire.

XXXIX. Les propoſitions ſenſibles univerſelles par leſquelles on énonce des effets & des qualités eſſentielles, ne ſont pas moins certaines que les particuliéres : comme, la propoſition univerſelle, *tout animal eſt vivant*, n'eſt pas moins certaine que la particuliére, *cet animal eſt vivant* ; car d'autant que le nom d'animal eſt donné à cauſe de la vie, en ſorte que rien ne peut être dit animal, s'il n'eſt vivant, il faut de néceſſité que tout animal ſoit vivant.

XL. Lorſque les ſens étant bien diſpoſez, une choſe ne paroît pas en un lieu où elle paroîtroit ſi elle y étoit, la propoſition qui aſſure que cette choſe eſt en ce lieu, ſera tenuë pour fauſſe ; comme, s'il ne paroît aucune choſe ſur une table bien unie & bien éclairée, la propoſition qu'il y a un Livre ou une groſſe pierre ſur cette table, ſera tenuë pour fauſſe : on appellera ces ſortes de propoſitions & celles qui nient l'exiſtence d'une choſe qui nous paroît évidemment, fauſſetés premiéres ſenſibles.

PRINCIPES DES PROPOSITIONS VRAI-SEMBLABLES.

IL eſt manifeſte que nous n'avons pas toujours le tems, les occaſions & les autres moyens pour bien examiner & connoître toutes les qualités eſſentielles, & les circonſtances des choſes ; qu'il y a des qualités & des effets ſemblables qui conviennent à des choſes différentes, comme la blancheur à la neige, au ſel & au ſucre, la lumiére au Soleil & au feu ; & que nous n'avons jamais une certitude entiére & infaillible, que nos ſens ſoient bien diſpoſez ; outre que quelques cauſes ſécrétes changent quelquefois les apparences ordinaires ; & qu'en dormant, ou étant en de certaines diſpoſitions extraordinaires, il nous paroît des choſes qui ne nous paroiſſent pas, ou nous paroiſſent d'une autre ſorte quand nous ſommes éveillez, & en une autre diſpoſition : & cependant nous ſommes ſouvent obligez de faire quelques actions, & de les régler par des propoſitions fondées ſur des ſignes & des apparences de cette ſorte, quoiqu'elles puiſſent être fauſſes ; comme en voyant ſeulement la figure & la couleur d'une pomme, on ne laiſſe pas de la prendre pour la manger : En ces cas, on dira qu'il faut croire une propoſition, & qu'elle eſt vrai-ſemblable, lorſque n'étant pas infaillible, elle

a plus de ſignes & d'apparences ; ou eſt plus ſouvent reconnuë vérita-ble que ſa contraire.

XLI. Les propoſitions vrai-ſemblables ne doivent être reçuës qu'au défaut des propoſitions certaines ou prouvées ; & quand nous ſommes obligez de faire quelque action de néceſſité.

XLII. Il y a de ces propoſitions dont la vérité eſt ſi ſouvent reconnuë, & dont les contraires ont ſi peu de poſſibilité, qu'elles ſont preſque tenuës pour certaines : comme, ſi on rouloit enſemble 10000 dez bien faits, la propoſition qui aſſeureroit qu'ils ne ſe tourneroient pas tous ſur la face marquée de l'unité, ſeroit comme certaine, quoiqu'elle ne fût pas abſolument infaillible.

XLIII. Toutes les fois qu'il nous ſemble être éveillez, ſi faiſant réflexion ſur tout ce qui nous paroît, nous ne trouvons rien de contraire à la ſuite des cauſes & des effets naturels qui nous ſont connus ; il faut croire que nous ſommes éveillez, que nous faiſons véritablement la plupart des actions qu'il nous ſemble faire, & que la plupart des choſes qui nous paroiſſent alors ont une exiſtence réelle & poſitive.

XLIV. Lors qu'il y a plus de ſignes d'une choſe que d'une autre, il faut conclure pour le plus grand nombre de ſignes, s'ils ſont également conſidérables.

XLV. Il faut croire qu'une choſe arrivera plutôt qu'une autre, quand elle a plus de poſſibilités naturelles, ou qu'une ſemblable eſt arrivée plus ſouvent : comme, en roulant ſur une table trois dez bien faits ; il faut croire, & il eſt vrai-ſemblable, qu'on fera plutôt dix que quatre, parce qu'on peut faire dix en plus de ſortes que quatre.

XLVI. Les propoſitions ſenſibles univerſelles qui aſſeurent des effets & des qualités non eſſentielles, ſi elles ſont fondées ſur une ou plusieurs vérités premiéres ſenſibles, ſont certaines en un même ou ſemblable ſujet & ſemblables circonſtances, par le principe 18 : Comme, ſi on a obſervé qu'une pierre jettée en l'air retombe ; la propoſition qu'une pierre jettée en l'air retombera, ſera certaine à ceux qui en ont fait l'obſervation, pourvû qu'il n'y ait point de cauſes contraires qui empêchent cet effet, ſelon le principe vingt-ſeptiéme. Mais lors qu'on n'eſt pas aſſuré ſi les cauſes, les ſujets, & les circonſtances ſont entiérement ſemblables, la propoſition ſera ſeulement vrai-ſemblable : Comme, ſi on a vu de l'eau éteindre du feu, on tiendra pour vrai-ſemblable que toute eau éteindra tout feu dans la quantité ſuffiſante, juſques à ce que le contraire paroiſſe par une vérité premiére ſenſible, auquel cas il faudra diſtinguer la propoſition univerſelle, comme ; l'eau éteint le feu ordinaire, mais non pas le feu de camphre ; quelque miel eſt poiſon, quelque miel eſt bon à manger ; une pompe éléve l'eau par aſpiration de la hauteur de trente piés, mais ſi l'eau eſt plus baſſe que quarante piés, elle ne peut l'élever.

XLVII. Il eſt vrai-ſemblable que les cauſes qui auront du rapport

entr'elles feront des effets ou femblables, ou qui auront du rapport entr'eux, & feront proportionnés à leurs caufes : comme, fi on a obfervé que les rayons du foleil fe rompent en paffant de l'air dans l'eau, il fera vrai-femblable que ceux d'une chandelle y paffant fe rompront auffi ; & s'ils fe rompent en entrant dans du verre, il fera vrai-femblable qu'ils fe rompront en entrant dans du criftal, ou femblablement, ou plus ou moins.

XLVIII. Lors qu'une chofe étant pofée, il fe fait un effet ; ou qu'étant ôtée, l'effet ceffe ou ne fe fait pas ; fi cette chofe eft reconnuë fuffifante pour cet effet, quoiqu'on n'ait pas une connoiffance certaine que toute autre chofe foit pofée ou ôtée, felon les conditions du principe onziéme, on tiendra pour vrai-femblable que cette chofe eft la caufe, ou une des caufes de cet effet, jufques à ce qu'on découvre une autre chofe à laquelle les conditions de caufe de cet effet conviennent mieux. Ainfi on tiendra pour vrai-femblable que les fontaines procédent de la pluïe, parce que quand il pleut beaucoup, les fontaines naiffent ou augmentent ; qu'elles diminuënt ou ceffent ordinairement à proportion qu'il ceffe de pleuvoir ; & que la pluïe eft fuffifante pour les produire ; quoiqu'on ne foit pas certain s'il n'y a point quelqu'autre caufe fecréte qui aide à les produire.

XLIX. Lors qu'en recherchant la fuite des caufes pour expliquer & rendre raifon de quelques effets naturels, on en trouve une dont on ne peut donner aucune caufe qui foit certaine & évidente, on s'en fervira comme d'une caufe premiére naturelle pour prouver & expliquer ces effets ; & la propofition qui énoncera la vérité de cette caufe, fervira de principe pour prouver les effets qu'elle produit, pourvû que cette propofition foit reconnuë véritable par plufieurs expériences, fans qu'aucune y contrevienne. Comme, fi on a remarqué que les miroirs concaves oppofez au Soleil, mettent en feu les matiéres combuftibles, qui font proches d'un certain point qu'on appelle le foyer du miroir ; & qu'on ait jugé que cet effet procéde de ce que la lumiére du Soleil qui tombe fur le miroir, fe réünit & fe raffemble par reflexion à l'entour de ce point ; & qu'on ait trouvé enfuite que ce dernier effet procéde de ce que les angles de reflexion des rayons lumineux, font toujours égaux aux angles de leur incidence, fans qu'on puiffe trouver une caufe certaine & évidente, pourquoi ces angles font toujours égaux : on prendra pour principe ou propofition fondamentale, cette propofition, *L'angle de reflexion des rayons eft égal à l'angle de leur incidence* ; pourvû qu'on en ait fait plufieurs expériences, foit fur des miroirs plans, foit fur des convexes, &c. La raifon eft, que puifque par le vingt-quatriéme principe nous ne pouvons aller à l'infini dans la recherche des caufes naturelles, nous devons nous arrêter à la plus éloignée qui nous paroît certaine & évidente, lors qu'elle peut fervir à expliquer & rendre raifon de plufieurs effets, jufques à ce qu'on découvre une autre

cau-

cauſe certaine & évidente de laquelle elle dépende. On appellera Loix ou Régles de la Nature, ou Principes naturels, les propoſitions qui aſſûrent des choſes & des effets naturels qui n'ont point de cauſes qui ſoient évidentes & certaines, & qui ſont cauſes d'autres effets : mais ces propoſitions ne ſont pas des vérités premiéres intellectuelles ou ſenſibles, mais ſeulement des propoſitions fondamentales ou principes ſeconds; parce que leur connoiſſance & certitude dépend des obſervations & expériences, & du principe dix-huitiéme. On peut auſſi appeller ces propoſitions qui ne ſont connuës vraiës que par l'expérience, & qui ſervent à en prouver d'autres, Principes d'expérience; comme, *les rayons qui paſſent obliquement de l'air dans l'eau, font une inflexion ou refraction en entrant dans l'eau, & ne vont plus ſelon les mêmes lignes droites.*

L. Les principes d'expérience qui aſſûrent un effet préciſement d'une certaine ſorte, ſeront reçus ſelon cette préciſion, ſi par pluſieurs différentes obſervations on n'a jamais remarqué cet effet d'une autre ſorte, & qu'il ne puiſſe être que de cette ſorte, ou d'une autre contraire; encore que ſelon le principe trente-cinquiéme, on ne puiſſe diſcerner par les ſens cette préciſion avec une entiére exactitude. Comme, ſi on a remarqué que les rayons du Soleil s'étendent en lignes droites par un même milieu tranſparent, & qu'on n'y ait jamais remarqué de courbure; on tiendra pour Principe d'expérience ou loi de la nature, que les rayons du Soleil s'étendent préciſément en lignes droites par un même milieu tranſparent. Mais on ne peut pas prendre pour principe d'expérience, que les ſinus des angles d'incidence & de refraction des rayons qui paſſent de l'air dans l'eau, ſoient entr'eux préciſément comme trois à quatre; mais ſeulement à peu près : puiſqu'on ne ſçait pas, & qu'on ne peut remarquer ſi cette raiſon n'eſt pas comme de trois à quatre plus ou moins $\frac{1}{100}$. ou $\frac{1}{1000}$. ou $\frac{1}{2000}$. &c.

LI. Quand pluſieurs perſonnes, ſans avoir communiqué enſemble, aſſurent ſéparément d'une même façon & avec les mêmes circonſtances, un effet arrivé en la nature, il faut croire la vérité de cet effet, comme une vérité premiére ſenſible. Car, comme il y a une infinité de diverſes penſées poſſibles, il eſt très-difficile que pluſieurs hommes ayent la même penſée pour un même objet avec toutes les mêmes circonſtances, s'il n'eſt véritablement tombé ſous leurs ſens; quoiqu'il ne ſoit pas abſolument impoſſible.

LII. Quand quelqu'un aſſûre, par diverſes fois & en divers tems, de même façon, & avec pluſieurs mêmes circonſtances & nulle différente, un effet arrivé en la nature, il faut croire vrai-ſemblablement que cet effet lui a paru; ſi l'on ne ſait aucune choſe par laquelle il ait reçu une fauſſe créance, ou aucun ſujet pour lequel il doive faire cette propoſition contre ſa penſée.

On appellera Syſtême d'une choſe, la façon dont on ſuppoſe qu'elle eſt

eſt pour expliquer ſes effets, ſignes & apparences, & en rendre raiſon: Comme, lorſque pour expliquer les mouvemens des aſtres & leurs apparences, les uns ſuppoſent que la terre eſt immobile, & que le Soleil & les étoiles tournent à l'entour de la terre; & les autres, que le Soleil & les étoiles fixes ſont immobiles, & que les planétes & la terre tournent autour du Soleil: ce ſont des Syſtêmes différens qu'ils ſuppoſent, ſoit que le Ciel ſoit diſpoſé & faſſe ſes mouvemens de cette ſorte préciſément, ou non. Quelques-uns poſent pour Syſtême des choſes ſublunaires, qu'il y a quatre Elemens dont tous les autres corps ſont compoſez, ſavoir le feu, l'air, l'eau, & la terre: quelques-uns y ajoutent le ſel, le ſouphre, & le mercure, qu'ils appellent les principes des Corps; & il y en a pluſieurs qui croyent que ces deux Syſtêmes ſont faux, & que toutes les ſubſtances matérielles ſont compoſées de pluſieurs petits Corps indiviſibles de différentes grandeurs & figures, qu'ils appellent des Atomes.

LIII. Une hypothêſe d'un Syſtême eſt plus vrai-ſemblable que celle d'une autre, lorſqu'en le ſuppoſant, on rend raiſon de toutes les apparences, ou de plus grand nombre d'apparences, plus exactement, plus clairement, & avec plus de rapport aux autres choſes connuës; mais s'il y a une ſeule apparence qui ne puiſſe convenir à une hypothêſe, cette hypothêſe eſt fauſſe ou inſuffiſante.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DE LA MORALE.

On appelle ici plaiſir tout ſentiment agréable que nous recevons; ſoit par le moyen des ſens, comme celui qui procéde du goût d'une douce ſaveur; ſoit par l'eſprit & l'imagination, comme celui que nous recevons d'être louez, d'avoir gagné une bataille, d'avoir acquis une perfection nouvelle: & les ſentimens deſagréables ſont ici appellez douleurs ou déplaiſirs.

LIV. Les plaiſirs & les douleurs que nous ſentons, nous les ſentons véritablement, quelles qu'en puiſſent être les cauſes.

Les choſes & les actions qui nous cauſent du plaiſir, ſont ici appellées nos biens, entant qu'elles nous cauſent du plaiſir; & celles qui nous cauſent de la douleur, ſont appellées nos maux, entant qu'elles nous cauſent de la douleur.

LV. Une même choſe ou action n'eſt pas un même bien ou mal aux perſonnes diverſement diſpoſées; & ce qui eſt bien à un, peut être mal à un autre.

LVI. A cauſe du ſentiment que nous avons des plaiſirs & des douleurs, ou pour quelqu'autre cauſe que ce ſoit, nous concevons ou énonçons des propoſitions, que nous faiſons les régles de nos actions; comme,

me, *de deux maux dont l'un ou l'autre est nécessaire, il faut fuir le plus grand; il faut préférer l'honneur à la vie.* On appellera ces propositions, Propositions Morales.

LVII. Il y a de ces propositions qui sont reçuës sans qu'on en puisse douter; comme, *il faut faire ce qui est le mieux:* on les appellera Propositions Morales premiéres, ou Principes du devoir.

LVIII. Une action est prouvée devoir être faite, lors qu'on montre qu'elle est conforme à des propositions morales premiéres, ou à des propositions prouvées par des propositions morales premiéres.

LIX. Lors qu'un bien ou un mal nous paroît, soit par le moyen des sens, soit par le moyen de l'imagination & de la mémoire; il s'excite en nous des mouvemens par lesquels nous sommes émus autrement que nous ne le sommes d'ordinaire: on appellera ces mouvemens, passions.

LX. Les principales passions qui concernent le bien, sont; l'amour, qui est une passion qui s'excite en nous, lorsque nous avons la connoissance qu'un objet nous donne ou nous peut donner du plaisir; le désir, qui nous excite à suivre les objets que nous aimons, & que nous ne possedons pas; & la joië, par laquelle nous sommes émus en la jouissance & possession de ce que nous aimons.

LXI. Les principales passions qui concernent le mal, sont; la haine, contraire à l'amour; l'aversion, contraire au désir; & la tristesse, contraire à la joië. La joië s'excite aussi en nous, lorsque nous avons évité un mal, ou que nous en sommes délivrez; & la tristesse, lorsque nous perdons un bien.

LXII. Lorsque nous croyons vrai-semblablement que nous obtiendrons un bien ou que nous éviterons un mal que nous avons crû certain, il s'excite en nous une passion qui a quelque raport à la joië; elle est appellée espérance: la passion contraire peut être appellée défiance, crainte, ou désespoir.

LXIII. Si quelque chose nous cause un mal, ou nous empêche d'obtenir un bien, il s'excite en nous une passion violente, par laquelle nous sommes émus & fortifiez à repousser cet empêchement, ou à détourner ce mal: on appellera cette passion, colére.

On appelle ici action volontaire, celle à laquelle notre volonté se portant, nous la faisons; & ne s'y portant pas, nous ne la faisons pas de nous mêmes: comme, jetter une pierre, parler, &c. Et action involontaire, celle qui se fait en nous, ou que nous faisons, quelque volonté que nous ayons au contraire; comme, le battement du cœur, le mouvement du bras, quand quelqu'un nous le remuë par force.

LXIV. Les mouvemens de l'imagination & de la mémoire se font quelquefois sans dessein, & même malgré la volonté; mais souvent on les excite volontairement, comme lorsque l'on compose des vers, qu'on fait le projet d'un tableau ou d'un bâtiment, qu'on invente une démonstration, &c.

LXV. La mémoire d'un objet en excite la passion : mais quelquefois la passion excite la mémoire & l'imagination ; comme, lors qu'on a eu une extrême tristesse, il peut arriver que quelque tems après, un semblable mouvement de tristesse s'excitera en nous, sans penser à l'objet qui l'a causée, & qu'ensuite nous nous en souviendrons : & ce qui fait que nous reconnoissons les choses que nous avons déja vuës, procéde de ce que la seconde vûë excite en nous des mouvemens semblables aux mouvemens que la premiére y avoit excitez ; & la comparaison que nous faisons de ces deux mouvemens, & des passions qu'ils produisent, laquelle nous les fait paroître semblables ou proportionnés, forme la reconnoissance.

LXVI. La volonté ne se porte qu'au bien connû, ou crû tel par le sens, ou par l'imagination, ou par le raisonnement.

LXVII. La créance qu'une chose soit ou ne soit pas, ne dépend pas de la volonté ; toutefois nous pouvons exciter volontairement l'imagination d'une chose, & cette imagination fait naitre en quelque façon la créance.

LXVIII. Nous croyons ordinairement & naturellement ce qui tombe sous nos sens, & par la même raison ce qui nous paroît en songe, lorsque nous songeons. On croit encore bien souvent les choses qui sont représentées par des peintures, ou par des discours vrai-semblables : car nous en concevons des idées à peu près comme si elle tomboient sous nos sens ; & la créance d'un homme en fait naître souvent une semblable dans l'esprit d'un autre, lors qu'il lui représente comme vraië & avec passion, la chose qu'il croit.

LXIX. Il est possible que les apparences qui nous arrivent en dormant ou dans un délire, soient aussi fortes & aussi claires que celles qui procédent des véritables sensations ; & qu'on croye avoir songé ce qu'on a vû, & avoir vû ce qui a paru en songe.

LXX. La créance peut être contraire aux apparences, & il n'y a rien de si peu vrai-semblable où la créance de quelqu'un ne se puisse naturellement porter : & ce qui a paru vrai aux sens & à la raison, n'est pas toujours crû.

LXXI. Il n'y a rien de si mauvais à la plupart des hommes, où la volonté de quelqu'un ne se puisse naturellement porter ; ni rien de si bon que quelqu'un ne puisse haïr.

LXXII. Les passions d'amour & de haine, & la créance, se changent difficilement en leurs contraires : parce qu'un mouvement en empêche un autre ; & que lorsque l'imagination est accoutumée à recevoir l'idée d'un objet d'une certaine maniére, il est difficile de lui imprimer une idée contraire ou dissemblable pour le même objet.

LXXIII. Celui qui croit être content & heureux l'est, lors qu'il le croit ; & on ne peut l'être, si on ne le croit.

LXXIV. Les biens & les maux ne nous touchent pas selon la proportion

portion de la grandeur des chofes ou des actions qui font nos biens & nos maux : & les petits fujets de plaifir & de douleur nous donnent fouvent autant de plaifir & de douleur, que les plus grands.

LXXV. Il y a de deux fortes principales de plaifirs de l'efprit ; ceux de l'honneur, comme d'être louez & aimez, d'être plus parfaits, & d'avoir plus de pouvoir que les autres ; & ceux de convenance, comme celui qu'on reçoit de la lecture d'une belle poëfie, de la vûë d'une maifon bien faite fuivant les régles de l'Architecture : c'eft à dire que notre efprit fe plaît principalement à l'honneur qu'on nous rend, & à la convenance, fymmétrie, ou proportion des chofes. Le deshonneur, & la difconvenance ou difformité, font les principaux déplaifirs de l'efprit.

Une même action eft appellée naturelle, quand elle eft confidérée en elle-même ; & morale, entant qu'elle concerne nos mœurs & nos paffions, & qu'elle fe rapporte au bien ou au mal que nous recevons, ou que nous faifons recevoir aux autres : comme, battre quelqu'un, entant qu'on remuë le bras, eft une action naturelle ; & entant qu'on veut lui faire du mal & qu'on le frappe, par vengeance ou par quelque autre paffion, c'eft une action morale.

LXXVI. Il y a de certaines actions lefquelles entant que morales, nous paroiffent d'ordinaire avoir de la convenance & être bien faites, & elles font eftimées & louées, foit parce qu'elles marquent quelque grandeur & perfection en ceux qui les font, foit par quelque intérêt que nous y prenons, ou pour quelque autre caufe ; comme, donner quelque chofe libéralement à un autre qui en a befoin, défendre fes amis à qui on fait injure, rendre à un autre ce qui lui appartient. On appelle ces actions bonnes & vertueufes : & ceux qui les pratiquent fouvent, font appellez hommes de bien & vertueux, & ils en reçoivent de l'honneur & de l'eftime.

LXXVII. Il y a des actions morales qui paroiffent difconvenantes & difformes, & font blâmées, foit parce qu'elles font du mal à autrui, auquel nous prenons interêt, ou parce qu'elles marquent quelque baffeffe & imperfection en ceux qui les font ; comme, dérober, tuer, s'enivrer : Ces actions, entant que morales, font appellées méchantes & vicieufes ; & ceux qui les font, entant qu'ils les font, font appellez méchans & vicieux, & ils en reçoivent du blâme.

LXXVIII. Il y a de la difformité ou difconvenance à manquer à ce qu'on a promis de gré à gré en chofes réciproques.

LXXIX. Il y a de la difconvenance à rendre le mal pour le bien.

LXXX. La poffeffion d'une chofe qui fert à obtenir un bien, eft tenuë pour un bien : on l'apelle bien utile ou bien d'efpérance. Ainfi les richeffes font un bien utile & d'efpérance, parce qu'on efpére d'obtenir la plupart des biens par leur moyen ; comme, l'honneur ; la bonne chére, &c : & cette efpérance de beaucoup de biens eft d'ordinaire préférée à tout autre bien particulier.

LXXXI. Les actions vertueuſes, entant qu'elles ont de la convenance, & nous rendent plus parfaits, ſont un bien d'elles-mêmes ; & entant qu'elles nous font obtenir les plaiſirs de l'honneur, ou quelques autres biens, elles ſont un bien utile & d'eſpérance.

LXXXII. Lors qu'une paſſion pour un bien, nous a fait perdre un autre bien, ou cauſé un mal ; ce bien étant obtenu, la paſſion ceſſe : & la perte de l'autre bien, ou le mal, nous afflige & nous fait blâmer la premiére paſſion ; on appellera cette triſteſſe, regret ou repentir.

Devoir de convenance eſt celui ſuivant lequel nous faiſons les actions de vertu, & que nous exprimons par de certains principes moraux fondez ſur la convenance ; comme, *il faut tenir ce qu'on a promis, il ne faut pas faire ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fit.*

Devoir naturel eſt celui ſuivant lequel nous ſuivons notre plus grand bien apparent, ou nous fuyons notre plus grand mal apparent, ſoit que les actions qui font obtenir le bien ou qui font éviter le mal, ſoient diſconvenantes ou non : lequel devoir nous exprimons par ces principes ; *il faut ſuivre ce qui nous eſt le meilleur, il faut ſuivre notre plus grand bien.*

D'autant qu'il y a diverſes ſortes de biens dont quelques uns ſont incompatibles, car les plaiſirs des ſens ſont ſouvent contraires à ceux de convenance & d'honneur ; que de la jouïſſance de l'un ſuit quelquefois la perte de l'autre ; que les petits biens font ſouvent naître de grands maux, & les petits maux de grands biens ; & qu'une même choſe ou une même action peut cauſer du bien & du mal ; que chacun n'eſtime pas également les mêmes biens & les mêmes maux, car les uns aiment plus ardemment l'honneur, & les autres les biens ſenſibles ; & qu'une même perſonne, en divers tems, occaſions & diſpoſitions, change d'inclination & de volonté : nous ſommes obligez, pour bien guider nos paſſions, éviter le repentir, & régler les actions qui nous font obtenir les biens & éviter les maux, de nous ſervir des propoſitions appellées vérités morales premiéres, ou principes du devoir, ou maximes de politique, telles que ſont les ſuivantes.

LXXXIII. Il faut faire ce qui eſt le mieux, ou qui nous eſt le meilleur.

LXXXIV. De deux maux dont l'un ou l'autre eſt inévitable, il faut fuïr le plus grand.

LXXXV. De deux biens inégaux & incompatibles, il faut choiſir le plus grand, & de deux égaux le plus durable.

LXXXVI. Il ne faut pas que la poſſeſſion d'un petit bien empêche celle d'un plus grand bien, ou cauſe un plus grand mal.

LXXXVII. Il ne faut pas, en recherchant les moyens pour obtenir un bien, perdre le bien même.

LXXXVIII. Tout bien qui n'eſt pas contraire à un autre bien, & dont il ne ſuit point de mal, il le faut ſuivre.

LXXXIX. Lors qu'il y a plusieurs moyens pour obtenir un bien ou pour éviter un mal, il ne faut pas demeurer long-tems dans l'incertitude du choix, si le retardement peut faire perdre le bien, ou rendre le mal inévitable.

XC. Un bien commun n'est considérable à chaque particulier, qu'entant qu'il en est participant, ou qu'il lui cause un autre bien.

XCI. Si deux biens futurs égaux sont proposez, il faut suivre celui qui le plus vrai-semblablement doit arriver.

XCII. Si les possibilités d'un bien surpassent d'autant celles d'un autre bien, que sa bonté est surpassée par celle de l'autre, ils sont également à suivre.

XCIII. Si un mal surpasse d'autant un autre mal, que les possibilités de ce dernier surpassent celles de l'autre, ils sont également à éviter.

XCIV. Si plusieurs biens sont proposez d'un côté, & un d'un autre, qui ne soit pas plus grand que l'un d'eux, & qu'ils soient également possibles; il faut suivre le plus grand nombre.

XCV. Si plusieurs maux sont proposez d'un côté, & un d'un autre, qui ne soit pas plus grand que l'un d'eux; il vaut mieux souffrir celui qui est seul.

Un bien est dit égal à un mal, lors qu'étant joints ensemble, il est indifférent de les suivre, ou de les fuïr.

XCVI. Lors qu'en une même chose ou action, il y a plusieurs commodités & incommodités, ou plusieurs biens & maux, il faut compenser les biens par des maux égaux; & s'il reste du bien, il faut suivre cette chose ou cette action; si du mal, il la faut fuïr.

XCVII. Ce n'est pas la grandeur ou le nombre des choses qu'il faut considérer en l'élection des biens & des maux; mais la grandeur des plaisirs & des douleurs qu'elles nous causent.

XCVIII. Si deux biens sont égaux, dont l'un soit présent, & l'autre à venir; il faut préférer le présent, à cause de l'incertitude de l'avenir.

XCIX. Si d'un bien de peu de durée suit nécessairement un mal qui lui soit égal, & d'égale ou plus grande durée, ou un mal médiocre de très longue durée, il ne faut pas rechercher la possession de ce bien; parce que la crainte du mal à venir diminuë le bien présent, & que le bien étant cessé, sa perte nous afflige.

C. Si d'un mal de peu de durée suit nécessairement un bien qui lui soit égal, & d'égale ou plus grande durée, ou un bien médiocre de très longue durée; il faut suivre ce mal, s'il ne nous cause aucune imperfection: parce que l'espérance du bien qui en doit arriver, est un bien qui diminuë le sentiment de ce mal; & que le mal étant cessé, la mémoire en est agréable.

ESSAI DE LOGIQUE.

SECONDE PARTIE,

Contenant la méthode qu'il faut ſuivre pour faire de bons raiſonnemens.

ON ſe ſert du raiſonnement, ou pour s'inſtruire ſoi-même, ou pour inſtruire les autres, & refuter leurs fauſſes opinions.

Ceux avec leſquels on raiſonne, ſont; ou des Eſprits ſubtils & dociles, qui comprennent facilement les connexités des propoſitions, & qui ne s'obſtinent point à ſoutenir un faux raiſonnement; ou des Eſprits groſſiers, qui ont peine à comprendre la liaiſon des propoſitions; ou des Eſprits contentieux & préoccupez de fauſſes opinions, qui conteſtent même les verités, après qu'elles leur ſont connuës. C'eſt ce qu'il faut conſidérer lors qu'on entreprend de convaincre les uns ou les autres.

Cette *ſeconde* Partie eſt diviſée en quatre Diſcours.

Le *premier* contient quelques régles pour nous rendre intelligibles dans nos raiſonnemens.

Le *ſecond* contient des préceptes pour chercher & pour trouver les principes & les propoſitions fondamentales qui doivent ſervir à la preuve des propoſitions douteuſes.

Dans le *troiſiéme*, on enſeigne à faire les argumens, & comme il faut diſpoſer & mettre en ordre ceux qui peuvent ſervir à l'établiſſement de quelque ſcience.

Et enfin dans le quatriéme, on donne des régles pour connoître les faux raiſonnemens, & les autres cauſes de nos erreurs, afin de ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

PREMIER DISCOURS.

De ce qu'il faut obſerver pour ſe rendre intelligible.

NOus ſommes obligez quand nous raiſonnons avec les autres, de leur faire entendre & comprendre nos raiſonnemens.

Nos raiſonnemens ſont compoſez de diverſes propoſitions, & les propoſitions de divers noms ou mots.

En toute propoſition, on attribuë une choſe ou une action à une autre choſe, ou l'on nie qu'elle lui convienne: comme, *un homme eſt un animal*; *la Ciguë eſt venimeuſe*; *Pierre ne parle pas*.

Ce qu'on attribuë, s'appelle l'Attribut de la propoſition; & la choſe à laquelle on l'attribuë, s'appelle le Sujet: comme en cette propoſition, *la neige eſt blanche*; la *neige* eſt le ſujet auquel on attribuë la blancheur, & la *blancheur* eſt l'attribut. Ce qu'on nie s'appelle auſſi l'attribut de la propoſition: comme en cette propoſition, *Pierre n'eſt pas vertueux*; n'eſt pas vertueux, eſt l'attribut.

Les noms de ſujet & d'attribut s'appellent les termes de la propoſition: le ſujet eſt appellé le moindre terme; & l'attribut le plus grand terme, parce qu'il eſt ordinairement le plus univerſel.

Il n'y a point de langage ſi parfait qui n'ait quelques obſcurités, & quelques mots qui ſont pris en des ſignifications différentes, ou qui ne ſont pas connus de tous ceux qui uſent de ce langage: c'eſt pourquoi il faut que ceux à qui l'on parle, tâchent de s'accommoder au ſens de celui qui parle, ſuivant la premiére demande; & que celui qui parle ou qui écrit, ne ſe ſerve, s'il ſe peut, que des noms & des façons de parler les plus intelligibles & les plus en uſage.

Ceux qui uſent d'un même langage, prennent à peu près tous les noms & toutes les façons de parler dans un même ſens; parce que dès l'enfance, par un long uſage de voir les choſes en même tems qu'on les nomme, chacun apprend la vraië ſignification des noms dont on ſe ſert pour ſignifier les choſes qui tombent ordinairement ſous nos ſens.

Il y a donc peu de mots qui ayent beſoin d'explication; & ceux qui parlent en public des choſes ordinaires, ſont peu ſouvent obligés d'expliquer ce qu'ils entendent par les mots dont ils ſe ſervent. *Euclide* n'a pas crû qu'il fallût expliquer la ſignification de beaucoup de mots qu'il employe; comme, *égal*, *plus grand*, *longueur*, *largeur*, *&c.* Et *Dioſcoride* n'a point dit ce qu'il entendoit par les noms de feuille, fleur, racine, fruit, &c.

L'obſcurité des noms procéde, ou de ce qu'un même nom ſignifie des choſes différentes; comme, mineur ſignifie un homme qu'on employe à faire des mines, ou bien un jeune homme qui n'a pas encore atteint un certain âge: ou de ce que des noms différens ſignifient la même choſe, comme un Aſtre & une Etoile; & l'on peut douter ſi c'eſt la même choſe: ou de ce que la choſe qu'on nomme eſt inconnuë; comme lorſque les Géométres parlent des Ellipſes, des Paraboles, des Binomes, &c. à ceux qui ne ſont pas Géométres: ou de ce qu'on donne un nouveau nom à une choſe connuë; & l'on peut ignorer que ce nom lui convienne. En tous ces cas, & en quelques autres où l'on peut ſe tromper en la ſignification d'un mot, ou d'une maniére de parler; il

eſt

eſt preſque toujours néceſſaire que celui qui parle ou qui écrit, explique & donne à connoître quelles ſont les choſes ſignifiées par les noms dont il ſé ſert ; en ſorte qu'on puiſſe diſtinguer ces choſes des autres, & qu'on n'en conçoive pas d'autres au lieu d'elles.

La propoſition qui ſe fait pour donner à connoître quelle choſe eſt ſignifiée par le nom ou mot dont on ſe ſert, eſt ici appellée définition; & elle conſiſte à faire connoître cette choſe par le moyen d'autres noms, qui la faſſent diſtinguer de toute autre choſe, & deſquels la ſignification ſoit connuë à ceux à qui l'on parle.

Pour bien faire une définition, il faut ſe régler par les demandes premiére & troiſiéme, & par les propoſitions 8. 31. 32. 33; & par celles qui ſont entre la 31. & la 32. & entre la 32. & la 33.

Si l'on pouvoit faire tomber ſous les ſens les choſes ſenſibles inconnuës, & dont les noms ſont inconnus, les définitions de ces choſes ne ſeroient pas néceſſaires, parce qu'on ſauroit de quelle choſe on voudroit parler : Mais pour les intellectuelles, dont l'exactitude ne peut être jugée par les ſens ; comme, *un cercle*, *une ligne droite*, *une ellipſe*, *&c.* il faut de néceſſité les définir, & même les faire voir, en même tems, décrites & figurées de telle ſorte qu'elles puiſſent être conçuës : comme, pour donner à peu près l'idée de la ligne droite, on ſe ſervira d'un fil de ſoïë fort délié, & bandé fermement de bas en haut ; & pour faire connoître ce que c'eſt qu'un cercle, on en décrira un avec un compas. On fera de même à l'égard des plantes & des animaux inconnus ; c'eſt à dire qu'il en faut donner la peinture, en même tems qu'on les donne à connoître par le diſcours.

Il y a néceſſairement des noms de choſes qu'on ne doit point entreprendre de définir, de même qu'il eſt néceſſaire qu'il y ait des noms dont on ne puiſſe donner l'étymologie ; autrement on iroit à l'infini : comme, ſi on avoit défini un animal, *un corps ſenſible*, & qu'on demandât, *qu'eſt-ce qu'être ſenſible ?* on auroit de la peine à l'expliquer autrement que par des noms de même ſignification. Il y a beaucoup de premiers noms dont la ſignification s'apprend par l'uſage, c'eſt à dire, en nommant & faiſant tomber en même tems ſous les ſens, la choſe nommée; c'eſt pourquoi ces noms ſont comme les principes des définitions. Ainſi c'eſt mal à propos que quelques-uns veulent définir & expliquer tous les noms dont ils ſe ſervent : & que d'autres blâment l'uſage des définitions, diſant que, ſi, par exemple, on a défini l'homme, un animal raiſonnable, on eſt plus en peine qu'auparavant, puis qu'il faut définir enſuite, animal & raiſonnable : car il n'eſt pas néceſſaire d'expliquer la ſignification des premiers noms par d'autres; & la définition qu'on feroit d'une choſe fort commune & très-connuë, en donneroit une idée moins claire que celle qu'on en a par l'uſage.

Les choſes qui ont des noms communs de ſubſtance, ſe doivent définir par un nom de genre le moins commun, & par un nom de qualité eſſen-

essentielle ou propre, qui ne convienne à aucune autre chose : C'est une des plus importantes régles de la définition. Ainsi, lorsque pour définir un triangle, on dit, *un triangle est une figure comprise entre trois côtés :* le nom de figure est le nom de genre ; & avoir trois côtés, est la qualité essentielle, qu'on appelle autrement différence essentielle. Tous ces termes sont connus ; car s'ils étoient inconnus, on contreviendroit au huitiéme principe.

AUTRE EXEMPLE DE DÉFINITION.

L'*Eléphant est un animal à quatre piés, le plus grand de tous.* Etre le plus grand de tous les animaux à quatre piés, est une différence qui distingue l'Eléphant des autres animaux : animal à quatre piés, est le nom de genre le moins commun ; car qui diroit seulement animal, ne distingueroit pas assez. On ne peut pas aussi définir en disant, *c'est une chose* ; car le nom de chose comprend tout, & ne distingue rien : & lors qu'on employe le nom de genre dans une définition, ce n'est pas à cause qu'il contient plusieurs espéces ; mais parce qu'il fait distinguer d'abord la chose définie, de celles qui ne sont pas de ce même genre.

Que si le nom de qualité propre ou essentielle est inconnu, il faut faire entrer en la définition plusieurs noms de qualités accidentelles, qui toutes ensemble ne conviennent qu'à la chose dont on veut expliquer le nom.

EXEMPLE:

L*E Houx est un arbrisseau qui a les feuilles larges, piquantes, & vertes en tout tems, & le fruit petit & rouge.* Arbrisseau est le nom de genre le moins commun : avoir les feuilles piquantes, est commun au genévre, &c ; les avoir larges, au chêne, &c ; vertes en tout tems, au laurier, &c ; le fruit petit & rouge, à beaucoup d'autres plantes : mais toutes ces qualités ensemble ne conviennent qu'au Houx. C'est de cette sorte que *Dioscoride* a défini les plantes desquelles il dit ensuite les propriétez & les vertus. Ainsi les *Platoniciens* définissoient l'homme, un animal à deux piés, sans plumes, aux ongles larges, &c.

Que si l'on découvre un autre arbrisseau que le houx, qui ait les feuilles larges, piquantes, vertes en tout tems, &c ; il faudra ajouter quelque chose à la définition du houx, soit à l'égard de la racine ou des fleurs, &c.

Il faut prendre garde de ne point mettre plusieurs termes en la définition, de la compatibilité desquels on pourroit douter : comme, il ne faut pas mettre en la définition du diamétre du cercle, que c'est une ligne droite qui passant par le centre, & se terminant à la circonféren-

ce, la coupe en deux également ; mais seulement, qui passant par le centre se termine à la circonférence, ou bien que c'est une ligne qui divise le cercle en deux parties égales.

Que si ce que l'on veut définir n'a point de nom de genre, & qu'on ne puisse bien donner à connoître quelqu'une de ses qualités propres ; il faut le définir par induction ou exemple, qui est la façon dont on apprend par usage la signification des noms. Les définitions qui ont été données en la premiére Partie, de la substance, de la qualité, de la nature, sont de cette sorte. Ou bien il le faut définir par quelques-unes de ses circonstances, causes ou effets, ou même par des noms de même signification : Comme, *le lieu est l'espace qui est occupé, ou qui peut être occupé par un corps : Le lieu est l'espace où est situé un corps au respect des autres corps qui l'environnent : La ligne droite est celle qui s'étend également ou uniment entre ses points*, c'est à dire, *qui s'étendant d'un point à un autre, ne s'écarte ni d'un côté ni d'un autre*, c'est à dire, *qui est droite : Le tems est la mesure de la durée des choses ou de leurs mouvemens* ; & réciproquement *le mouvement est la mesure du tems.*

Les qualités précises sont souvent difficiles à définir, si on ne nomme les substances où elles sont : Ainsi, on ne peut définir la rougeur du pavot, ou celle de la rose, sans nommer ces substances ; c'est par cette raison qu'on dit, couleur de feu, couleur de cerise, &c. odeur de musc, odeur de rose, &c.

Il faut que dans la définition, le terme qui est le sujet de la proposition, puisse devenir l'attribut : comme, cette définition, *Un triangle est une figure comprise entre trois côtés*, peut être changée en celle-ci, *une figure comprise entre trois côtés est un triangle* ; parce qu'un triangle & une figure comprise entre trois côtés, signifient la même chose.

Les choses visibles sont mieux distinguées par la figure, que par toute autre qualité : & si on vouloit définir un cheval en un païs où l'on n'en a jamais vû, en cette sorte, *un cheval est un animal qui hennit*, la définition seroit inutile ; car le hennissement seroit une chose également inconnuë.

Quelques-uns appellent description, la définition par la figure, & nient que ce soit une définition. Cependant les Géométres ont appellé définitions, les descriptions du quarré, du triangle, de la sphére, &c. & il y a beaucoup de choses dont la figure ou l'usage est la qualité essentielle, comme une table, une scie, un marteau : c'est pourquoi il faut les définir par la description de leur figure, ou par leur usage, & même quelquefois par leur matiére.

On définit quelquefois un particulier dans son nom d'individu s'il en a un, par son nom d'espéce ; comme, *Alexandre est un homme, Bucéphale est un cheval, &c*: mais ces définitions sont imparfaites.

Les définitions ne font pas que les choses soient ; car pour dire, une Chimére est un tel animal, un cercle est une telle figure, il ne s'ensuit pas

pas qu'il y ait dans la nature une Chimére ou un cercle : mais supposant que ces choses soient, ou qu'on puisse les faire telles qu'elles sont définies, on leur donne le nom. D'où il s'ensuit, que les définitions ne peuvent être fausses quand on use de ce mot, *j'appelle* : mais le nom peut être donné mal à propos, comme si *Apollonius* avoit appellé Ellipse, ce qu'il appelle Parabole ; & même quand les choses ont des noms communs & en usage, il ne faut pas témérairement les changer, ni donner aux noms une autre signification que celle qui est en usage. Que si on veut parler de quelque chose nouvelle, & qui n'a jamais été connuë, laquelle par conséquent n'a point de nom ; comme lorsque les Chymistes découvrent dans leurs opérations quelque chose extraordinaire & nouvelle : il ne faut point lui donner un nom qui serve déja à une autre chose, mais il en faut inventer un nouveau ; tels sont ces noms inventez par quelques Chymistes, Alcahest, Blas, Gas, Athanor, &c: ou bien il faut ajouter quelque Epithéte au nom qui sert à une autre chose, comme, *Poulle de Barbarie*, *Aconit de l'Amerique*, *&c.*

La plupart de ces régles ne sont pas absolument nécessaires, même celle qui prescrit qu'il faut définir les choses qui ont un nom obscur. Ceux qui sont capables d'inventer de nouvelles sciences, n'ignorent pas qu'il faut expliquer les noms nouveaux ou obscurs dont ils se servent, & ils peuvent assez facilement donner à connoître ce qu'ils entendent par ces noms : car enfin, il n'importe pas beaucoup de quelle façon les définitions soient faites, pourvû qu'elles nous fassent concevoir une idée des choses définies assez distincte pour n'en pas concevoir d'autres au lieu d'elles : & le plus souvent les régles trop générales, comme celle-ci, *Il faut que toute définition soit composée de genre & de différence*, ne font qu'embarrasser ; & lors qu'on veut les pratiquer exactement, on fait souvent des Enigmes : car une Enigme n'est autre chose qu'une définition obscure ; comme si on demandoit, *qu'est-ce que la premiére Entelechie d'un corps organisé ayant vie par puissance ?* on seroit fort empêché de le deviner, si on ne savoit pas que c'est la définition de l'ame, selon *Aristote*. Ceux mêmes qui prescrivent cette régle générale, en peuvent difficilement donner d'autre exemple dans les choses sensibles, que celle-ci, *l'homme est un animal raisonnable* ; encore ne vaudroit-elle rien, s'il étoit vrai que les autres animaux eussent du raisonnement, comme quelques-uns l'ont soutenu.

Quelquefois on établit l'existence & les proprietés d'une chose, & ensuite on lui donne un nom, ce qui peut être aussi appellé une définition ; comme, lors qu'après avoir établi qu'il y a des propositions dont la vérité est incontestable, on dit qu'elles seront appellées des principes de connoissance.

L'une des plus importantes régles de la définition est, qu'il faut dans la suite du raisonnement s'arrêter aux termes de la définition : contre laquelle régle on peut dire qu'*Euclide* a failli, lors qu'il a dit qu'un cer-

cle ne coupe pas un autre cercle en plus de deux points; car ſuivant la définition du cercle il devoit dire, la circonférence d'un cercle ne coupe pas celle d'un autre cercle en plus de deux points.

Ce qui donne le plus de peine dans les définitions, eſt que la queſtion *qu'eſt-ce qu'une choſe ?* ſe prend en divers ſens : & pour y aporter de l'éclairciſſement, il faut ſuppoſer que nous parlions à un Etranger qui ſache beaucoup de mots de notre langue, & qui en ignore encore beaucoup. Si cet Etranger voit paſſer un cheval, & qu'il demande quelle bête c'eſt; alors il eſt évident que c'eſt le nom qu'il demande, ſuppoſé qu'il en ait déja vû d'autres; & on le ſatisfait en lui diſant que cette bête eſt un cheval. Que s'il entend prononcer le mot de cheval, & que ne ſachant point à quelle choſe on donne ce nom, il demande qu'eſt-ce qu'un cheval? alors il lui faut répondre ſuivant les régles précédentes; comme, *un cheval eſt un animal à quatre piés, de grande ſtature, qui a la corne du pié ronde, & de grand crins au cou & à la queuë, &c.* Enfin, tant cet Etranger que d'autres qui uſent d'une même langue que celui à qui ils parlent, en voyant une choſe & ſachant ſon nom, ne laiſſent pas de demander quelquefois, ce que c'eſt : comme quand on voit l'Arc-en-ciel ou une Cométe, ou qu'on entend le tonnerre, &c. on ne laiſſe pas de demander qu'eſt-ce que l'Arc-en-ciel? qu'eſt-ce que le tonnerre? &c. & alors ce n'eſt pas la ſignification du nom qu'on demande, car on la ſait; mais quelles ſont les cauſes de la choſe ſignifiée, & quels effets elle peut produire, &c. Or dans les choſes naturelles ou ſurnaturelles, il eſt très-difficile de ſatisfaire à cette queſtion; & c'eſt ordinairement le ſujet de nos diſputes, & le but & la concluſion de nos raiſonnemens. Ainſi *Ariſtote* a fait trois Livres pour tâcher d'expliquer ce que c'eſt que l'ame, ſans y avoir bien réüſſi; & l'on peut remarquer dans les Livres de *Platon*, l'embarras où il ſe met pour faire connoître la nature de l'être, du non-être, de la beauté, &c. Même il paroît que le deſſein de ces Philoſophes étoit de pouvoir expliquer la nature & toute l'eſſence d'une choſe en une ſeule propoſition ſemblable aux définitions de Géométrie; ce qui eſt une erreur manifeſte : car quand les Géométres expliquent ce qu'ils entendent par un nom dont ils ſe ſervent, comme un quarré, un triangle, &c; ils peuvent facilement donner à connoître par la définition, l'eſſence de la choſe à qui ils donnent le nom, à cauſe de ſa ſimplicité; comme, *un quarré eſt une figure compriſe entre quatre côtés égaux, ſe rencontrans à angles droits :* Mais il n'en eſt pas de même des choſes naturelles ou ſurnaturelles, comme de l'ame, de l'Arc-en-ciel, du tonnerre, des parélies, &c. parce qu'elles ne dépendent pas de notre imagination, & qu'elles ont ſouvent pluſieurs cauſes ou effets, qu'il eſt impoſſible d'expliquer par une ſeule propoſition. Par exemple, il en faut plus de cinquante tant de Géométrie que d'Optique, pour bien expliquer les cauſes de l'Arc-en-ciel, & de ſes couleurs différentes : & quand on pour-

pourroit le faire par une seule proposition, on ne doit pas l'appeller définition, si l'on accorde la troisiéme demande; puisque la définition doit précéder le raisonnement & la dispute, & que le discours ou la proposition qui doit expliquer parfaitement la nature, les causes & les propriétés d'une chose, ne se peut faire qu'après de grandes disputes & de grands raisonnemens. Que si pourtant on veut l'appeller définition, il ne faut pas la confondre avec l'autre, suivant la troisiéme demande.

Pour les distinguer, nous appellerons la premiére, la définition qui précéde la dispute, ou la définition distinctive, ou la définition de Logique; telles que sont les définitions des Mathématiciens: & l'autre, celle qui suit la dispute, & qui en est la conclusion; & il ne faut pas se mettre en peine de faire cette derniére, quand la premiére suffit. C'est de la premiére qu'on entend parler ici, & dont on a donné les régles.

Il est quelquefois néceſſaire pour se bien faire entendre, de se servir de division ou distinction. On divise par exemple un discours en deux ou trois points, pour le rendre plus clair, & pour faire qu'on s'en souvienne mieux: on divise une chose entiére en ses parties, comme quand on dit qu'un homme est composé de corps & d'ame: on divise un nom équivoque en ses significations différentes, &c. Les régles qu'on donne pour bien faire une division sont peu importantes, & il est quelquefois très-difficile de les bien appliquer, & de pouvoir aller jusques au dernier détail des choses: comme, si l'on avoit divisé les animaux en terrestres & aquatiques, &c. les terrestres, en ceux qui marchent, & en ceux qui rampent; il seroit comme impossible de dire ensuite toutes les espéces d'animaux qui marchent ou qui rampent, parce que le nombre en est trop grand, & qu'il n'y a personne qui les sache toutes.

DEUXIÉME DISCOURS.

De l'Invention des Principes.

LEs définitions & les divisions étant faites, si elles sont néceſſaires, il faut regarder de quel genre est la proposition à prouver, c'est à dire si elle est intellectuelle, ou sensible, ou morale; car les Principes pour les prouver sont différens, comme aussi la façon de les chercher.

Les propositions de quelque genre qu'elles soient, sont: ou des Théorêmes, qui proposent quelque chose à connoître; comme, *Un nombre quarré multipliant un nombre quarré, produit un nombre quarré*; *Le Soleil est plus grand que la terre*; *Il faut suivre la vertu*: ou des Problêmes, qui proposent quelque chose à faire; comme, *décrire un quarré*; *rendre une terre fertile*; *appaiser une sédition*.

Les propofitions intellectuelles font fouvent néceffaires pour parvenir à la connoiffance des propofitions fenfibles pour lefquelles nous avons de la curiofité, ou defquelles il nous importe de favoir la vérité: Comme, fi une éclipfe de Soleil ou de Lune, ou l'apparition d'une nouvelle Cométe, nous donne de l'étonnement; on ne peut favoir fi ces chofes nous menacent de quelque malheur ou non, fans favoir leurs caufes; & on ne les peut favoir fans le fecours de la Géométrie, de l'Arithmétique, & des autres fciences intellectuelles, par lefquelles nous pouvons favoir les diftances de ces corps, leurs grandeurs, leurs mouvemens & révolutions. De même, fi un miroir concave nous fait paroître l'image d'une chofe dans une fituation renverfée, fi nous confidérons l'Arc-en-ciel & beaucoup d'autres merveilles de l'Art ou de la Nature; notre curiofité ne peut être fatisfaite que par le moyen des mêmes fciences. Elles peuvent auffi fervir pour les propofitions morales; comme, lorfque pour établir & conferver la paix entre les hommes, il faut faire le partage des terres & des autres chofes, connoître les limites de ce qui appartient à chaque particulier, & mettre toutes les chofes en leur jufte proportion. Même ces fciences font néceffaires pour inventer plufieurs chofes utiles à notre vie, ou pour les perfectionner; comme la fcience de la Navigation, l'Architecture, les Lunettes d'approche, & plufieurs autres chofes qui font déja en ufage, ou qui reftent à inventer. D'où il s'enfuit, que ceux qui font profeffion d'inftruire les autres, doivent favoir de néceffité ces fciences intellectuelles, du moins leurs propofitions les plus importantes, & qui font le fondement des autres.

Nous diviferons ce fecond Difcours en trois articles: dans le premier, on donnera des régles pour trouver les principes qui pourront fervir à la preuve des Propofitions intellectuelles; dans le fecond, on en donnera pour les principes des Propofitions fenfibles; & dans le troifiéme, pour les principes de Propofitions morales.

ARTICLE PREMIER.

De la Méthode pour trouver les principes des Propofitions intellectuelles.

LEs propofitions de Géométrie & d'Arithmétique font des Propofitions intellectuelles, dont nous formons les objets par cette opération de l'efprit qu'on appelle abftraction ou féparation: comme lorfque nous confidérons la grandeur & la figure fans les fujets où elles font; les mouvemens fans les chofes mûës; les nombres fans les chofes nombrées; une longueur fans largeur, qu'on appelle une ligne, que nous concevons auffi comme l'extrémité d'une furface, fans pénétrer dans la fur-

surface ; de même que nous concevons le point comme l'extrémité d'une ligne, sans pénétrer dans la ligne, & les surfaces comme les extrémités des corps, sans pénétrer dans les corps : & ensuite nous concevons des lignes droites, des surfaces planes, des cubes, des sphéres, &c.

Nos sens ne peuvent discerner ces objets avec exactitude, & nous ne pouvons nous en former une idée ou image exacte ; mais seulement nous pouvons les énoncer, & les supposer comme nous les énonçons.

Les autres propositions intellectuelles qu'on appelle ordinairement de Métaphysique ou surnaturelles, ont divers objets ; comme l'être en général, la premiére cause de l'être, les idées des choses, les possibilités intellectuelles, l'infini, &c.

Les propositions de Géométrie & d'Arithmétique sont : ou vérités premiéres, que l'on reçoit sans difficulté par le second principe : ou elles ont besoin de preuve ; & pour les prouver, il faut chercher sous quels principes elles sont comprises, soit premiers ou seconds, lesquels on pourra discerner s'ils se présentent à l'esprit, par la faculté naturelle que nous avons de connoître les connexités des propositions entr'elles, & de faire de bons raisonnemens, comme il a été remarqué dans le quatriéme principe ; laquelle faculté se perfectionnera par l'usage des raisonnemens, & par la connoissance des régles suivantes.

Il y a des principes spéculatifs intellectuels ; comme, *les choses égales à une autre, sont égales entr'elles :* il y en a d'autres pour les constructions des figures. Ces derniers ne se démontrent point, non plus que les premiers : mais ils s'établissent par la demande qu'on fait que leur possibilité soit accordée ; comme, *que l'on puisse tirer une ligne droite d'un point à un autre point, que l'on puisse décrire un cercle, &c.* l'on demande qu'on les accorde, parce qu'on peut les contester, & même les nier, à cause que nos sens ne peuvent connoître si une ligne est parfaitement droite, & que nous ne pouvons discerner, ni même tracer une ligne sans courbure & sans largeur, &c. Mais comme nous croyons ces choses être possibles intellectuellement, & que ce n'est que par le défaut de nos sens & de la matiére, qu'on ne peut les décrire sensiblement ; on les accorde être possibles intellectuellement, sans prétendre de les faire réellement, sinon à peu près ; & ces demandes accordées servent de principes.

*On peut ici remarquer qu'*Euclide *n'a pas prouvé exactement sa premiére Proposition ; car il n'a pas demandé qu'on puisse décrire un cercle en un plan donné, ce qui est nécessaire pour faire que les circonférences de deux cercles s'entrecoupent. On peut dire aussi que les Géométres ont tort de faire scrupule d'admettre en un plan la possibilité des lignes qui se forment par des mouvemens composés, ou par des sections de cones, comme les Conchoïdes, les Ellipses, &c : car intellectuellement elles ne sont pas moins possibles que les circonférences des cercles, & que les lignes droites ; & sensiblement les unes & les autres sont impossibles, ou du moins leur exactitude ne peut être discernée.*

On

On peut auſſi faire des demandes pour ſervir de principes ſpéculatifs, quand ce que l'on demande d'être accordé, n'eſt pas auſſi clair & évident que les vérités premiéres intellectuelles, & qu'il eſt difficile de le prouver par elles, pourvû qu'il ait beaucoup d'évidence, & qu'il ſoit néceſſaire pour la preuve de pluſieurs autres propoſitions, comme les trois demandes qui ſont au commencement de la premiére Partie de ce Traité. *Archiméde*, dans ſes Mécaniques, employe pluſieurs demandes de cette nature; comme, *les poids égaux en diſtances inégales, péſent inégalement.*

Les régles qu'il faut ſuivre pour les demandes ſont; qu'elles ne ſoient pas très-claires, car on les propoſeroit comme des axiomes ou vérités premiéres; qu'elles ſoient néceſſaires pour la preuve de ce qu'on entreprend de prouver; & qu'elles ne puiſſent être démontrées, ou du moins que la démonſtration en ſoit très-difficile ou très-obſcure: mais tout ce qui eſt très-clair de ſoi-même, ou qui peut être aſſez facilement prouvé, ne doit pas être demandé. C'eſt par cette raiſon qu'*Euclide* n'a pas dû faire des demandes de ſa ſeconde Propoſition ni de ſa troiſiéme. Quelques-uns lui objectent mal à propos, qu'il a pris pour axiome ou commune ſentence, le principe dont il ſe ſert pour les lignes paralléles: car, ſelon *Proclus*, il l'a mis au nombre des demandes, auſſi-bien que cet autre, *Tous les angles droits ſont égaux entr'eux*; & le même *Proclus* aſſure que cette derniére Propoſition eſt donnée pour exemple de demande par *Ariſtote.*

On peut dire pourtant de celle qui ſert à établir les lignes paralléles, qu'elle eſt défectueuſe, parce qu'on n'a pas apris par les principes & par les définitions qui la précédent, quelle conſéquence on peut tirer de ce que deux angles ſont moindres que deux angles droits.

Quelques-uns ont dit que les définitions étoient les ſeuls principes, & que les axiomes mêmes ou vérités premiéres ſe devoient prouver par les définitions; comme, celle-ci, *le tout eſt plus grand qu'une de ſes parties*, devoit être prouvée par les définitions de Tout, de Plus grand, de Parties, &c. A quoi on peut répondre qu'il n'eſt pas néceſſaire de définir les noms qui ſont très-connus, comme il a été dit ci-devant: & que quand il y auroit un nom obſcur dans une propoſition, la définition qu'on en feroit ne contribuëroit rien ni à la vérité, ni à la fauſſeté de la propoſition; mais ſeulement à faire entendre ſa ſignification: ce qui eſt évident, puiſque les noms ſont arbitraires, & que la vérité des propoſitions ne dépend pas de notre volonté; & qu'encore qu'on n'eût jamais impoſé de noms aux choſes, on ne laiſſeroit pas de connoître certainement qu'une choſe entiére qu'on verroit, excéderoit chacune de ſes parties; & de même à l'égard des autres vérités premiéres. Mais ſi la queſtion eſt du nom; comme, ſi l'on propoſe une ligne qui ait les propriétés qu'*Euclide* attribuë à une ligne qu'il appelle binome, & qu'on nie que ce ſoit un binome: alors la définition ſert

de

de principe, mais non de premier principe; car si l'on nie qu'*Euclide* ait donné cette définition, le premier principe est de la faire lire dans son Livre des Elémens; de même, si l'on nie qu'une anémone s'appelle une anémone, le premier principe sera de le faire dire à plusieurs Jardiniers. Par ce moyen on finira les disputes, où il s'agit seulement du nom, en le prouvant par la définition, & la définition par l'induction.

Quelques-uns ont dit qu'il faut prouver les principes par d'autres principes, quand ils ont quelque connexité entr'eux, quoiqu'ils soient également clairs: ce qui seroit absurde & inutile; car il ne faut pas prouver ce qui n'a pas besoin de preuve, de même qu'il ne faut pas chercher le moyen de voir ce qu'on voit déja: & encore qu'il y ait de la connexité entre deux principes, ensorte que si l'un ou l'autre étoit faux, l'autre le seroit aussi; il ne s'ensuit pas qu'il soit nécessaire de les prouver l'un par l'autre.

Pour les autres principes spéculatifs qui servent à prouver les propositions qui ne sont pas du nom, l'on ne peut donner des régles certaines pour les trouver, non plus que pour faire infailliblement de beaux Vers sur un sujet donné; car l'un & l'autre dépend principalement de l'adresse de l'esprit de celui qui les cherche, & d'une rencontre de laquelle on ne peut être assuré. Voici une méthode qu'on peut observer.

Celui qui entreprend de trouver les principes qui peuvent servir à prouver une proposition de Géométrie, doit savoir plusieurs de ces principes; & si la proposition en dépend immédiatement, ou qu'elle n'en soit pas éloignée, il pourra découvrir les principes ou les propositions immédiates, qui peuvent servir à sa preuve avec assez de facilité. Comme, si on propose de prouver qu'une ligne droite comme BD tombant sur une autre, comme AC, fait les angles de part & d'autre droits ou égaux à deux angles droits: si l'on fait cette définition, *Lors qu'une ligne droite tombant sur une autre, fait les angles de part & d'autre égaux, on les appelle droits*; & qu'on sache aussi ce principe, *Les choses qui conviennent & s'ajustent précisément entr'elles, sont égales*; on pourra s'appercevoir que si DB n'est pas perpendiculaire à AC, & que DE le soit, les angles de part & d'autre, EDA, EDC, seront droits, selon la définition; & que puisque les deux angles BDA & BDC pris ensemble, conviennent avec les deux droits EDA & EDC joints ensemble, ils leur seront égaux. Ainsi cette définition des angles droits, & ce principe, *Les choses qui conviennent entr'elles & s'ajustent précisément l'une à l'autre, sont égales*, serviront pour la preuve de cette proposition. TAB. XXV. Fig. 1.

Que si on demande la preuve de cette proposition; *lorsque deux lignes droites, comme* AB *&* CD, *s'entrecoupent au point* E, *les angles opposez* AED, CEB *sont égaux:* on pourra voir, si l'on considére la proposition précédente, que CE tombant sur AB, fait les angles CEA & CEB pris ensemble, égaux à deux angles droits; & que par la même TAB. XXV. Fig. 2.

raiſon, AE tombant ſur DC, fait les angles AED, AEC, égaux à deux droits ; & qu'ainſi ces deux derniers pris enſemble, ſont égaux aux deux premiers pris enſemble. Que ſi l'on fait le principe, *ſi de choſes égales on ôte des choſes égales, les reſtes ſont égaux* ; on pourra connoître que ſi des angles CEA, CEB, & des deux CEA, AED, on ôte l'angle commun CEA, les reſtans CEB, AED ſeront égaux ; & que ce principe & la propoſition précédente pourront ſervir pour le prouver.

Mais ſi les propoſitions ſont difficiles à prouver, & qu'on ait de la peine à découvrir quelque connexité entr'elles & les principes premiers ou ſeconds ; il faudra tirer une ou pluſieurs nouvelles lignes dans la figure, qui pourront ſervir de moyen pour comparer les autres entr'elles. Comme, ſi ayant propoſé le demi-cercle ACB, & ayant tiré à la circonférence les deux lignes AC, BC, on demandoit ſi l'angle ACB eſt droit ou non ; il ſeroit très-difficile de le juger, ſans tirer quelque autre ligne du centre D à la circonférence ACB, comme la ligne DC : mais étant tirée, ſi l'on fait que les lignes tirées du centre à la circonférence d'un cercle, ſont égales entr'elles ; on pourra voir que les trois lignes DC, DA, DB, ſont égales : & ſi l'on fait qu'aux triangles qui ont deux côtés égaux, les angles ſur la baſe ſont égaux ; on jugera facilement que les angles DCA & DAC ſur la baſe AC, ſont égaux ; & que par la même raiſon, l'angle BCD eſt égal à l'angle CBD. On pourra juger enſuite que les deux angles au point C ſont égaux enſemble aux deux A & B : & ſi l'on fait que les trois angles d'un triangle pris enſemble, ſont égaux à deux angles droits ; on pourra connoître que l'angle ACB ſera droit, puis qu'il eſt la moitié des trois angles du triangle ACB ; & que ces deux propoſitions pourront ſervir à le prouver : ce qu'on n'auroit pû découvrir, ſi on n'avoit tiré la ligne CD, & ſi on n'avoit ſû ces principes & ces propoſitions.

TAB. XXV. Fig. 3.

Il faut donc, ou par des lignes paralléles, ou par des perpendiculaires, ou par des cercles, &c. tâcher de découvrir quelque connexité de la propoſition avec ce qui nous eſt connû : & ſouvent on pourra y réüſſir, pourvû, comme il a été dit, qu'on ait la connoiſſance de pluſieurs principes reçûs, & de pluſieurs propoſitions prouvées, & quelque uſage du raiſonnement ; ou même l'adreſſe d'inventer de nouveaux principes, ſi ceux qui ſont connus & reçûs ne ſuffiſent pas. Mais il eſt très-difficile d'enſeigner par quelles lignes ou par quelles figures on en pourra venir à bout ; ni même, les lignes étant tirées, de donner une méthode infaillible pour voir les conſéquences & la connexité de ce qui eſt propoſé, avec les principes. C'eſt pourquoi *Pythagore*, à ce qu'on dit, fit un ſacrifice aux Muſes, pour avoir trouvé la démonſtration d'une propoſition, en tirant de certaines lignes ; reconnoiſſant que ce n'étoit pas l'effet d'une ſcience infaillible, mais de quel-

quelque forte d'inspiration divine ; de même que les anciens Poëtes rapportoient aux inspirations des Muses, l'invention de leurs belles Poësies.

Que si la question est en nombres, il faut prendre, outre ceux qui sont proposez, un ou plusieurs autres nombres, qui puissent servir de moyen & de liaison pour prouver la proposition, de même qu'on prend des lignes nouvelles pour les propositions de Géométrie : & si l'on fait beaucoup de principes touchant les nombres, & qu'on ait aussi l'adresse d'en inventer ; on pourra souvent découvrir ceux qui pourront servir à la preuve de la question.

Pour inventer facilement des Théorêmes en nombres, on peut se servir de la méthode suivante. Il faut remarquer quelque propriété par induction entre quelques nombres qui se trouve aussi entre d'autres ; par où l'on pourra conjecturer que cette propriété s'étendra à tous les nombres de cette nature. Comme, si on a remarqué qu'entre les deux quarrés 4 & 9, il y a le nombre 6, qui est les deux tiers de 9, de même que 4 est les deux tiers de 6 ; & qu'entre les quarrés 9 & 16 il y a 12, qui est les $\frac{3}{4}$ de 16, de même que 9 est les $\frac{3}{4}$ de 12 : on pourra conjecturer qu'il y aura toujours entre deux nombres quarrés un moyen proportionnel, & que ce moyen proportionnel sera le produit des racines des deux quarrés ; puisque 6 est le produit de 2 & 3, & que 12 l'est de 3 & 4. Ayant encore trouvé une semblable propriété entre quelques autres quarrés, on aura une opinion vrai-semblable qu'entre deux quarrés il y a toujours un moyen proportionnel, dont on cherchera ensuite la démonstration.

Quelques-uns ont dit que les choses étoient bien prouvées, quand elles étoient prouvées par leurs causes ; ce qui est vrai à l'égard des choses naturelles. Mais à l'égard des propositions de Géométrie, ou des autres sciences intellectuelles, il n'est pas néceffaire de prouver pourquoi la chose est ainsi, mais seulement qu'elle est ainsi : comme dans la derniére figure ci-dessus, ce n'est pas la ligne C D qui est cause que l'angle A C B est droit ; mais elle sert de moyen pour le faire connoître, & la démonstration ne laisse pas d'être très-évidente. Les principes mêmes ou vérités premiéres, ne sont pas les causes des autres vérités ; mais elles les font connoître. Ce seroit aussi en vain qu'on voudroit prouver l'existence d'une premiére cause par ses causes, puis qu'elle n'en a point.

Pour trouver la solution des Problêmes de Géométrie, & les principes qui servent à les construire & à les prouver ; il y a une méthode que les Anciens appelloient Analyse, qui est de les supposer faits comme on les demande, & d'examiner ensuite les liaisons & les conséquences de cette supposition, jusques à ce qu'on arrive à une chose qui nous soit connuë, & qu'on puisse faire ; & cette derniére chose sera le moyen & le principe par lequel on parviendra à la solution de ce qui sera proposé.

EXEMPLE.

TAB. XXV. Fig. 4. ON propose de former sur la ligne A B un triangle équilateral, c'est à dire, qui ait les trois côtés égaux. Il faut le supposer fait; c'est à dire, qu'il faut tirer deux autres lignes à un point comme C, par exemple, A C, B C, les supposant égales entr'elles, & à A B, car cela étant, le triangle seroit équilateral. Or, si l'on sait que toutes les lignes tirées d'un même centre à une même circonférence, sont égales; & qu'on demeure d'accord qu'on puisse faire un cercle du point B comme centre, & du demi-diamétre B A; on pourra juger que si on le fait, sa circonférence passera par le point C. Par la même raison, si on fait un autre cercle de même grandeur, dont le centre soit A, sa circonférence passera aussi par le point C; autrement les lignes B A, B C, & A B, A C, ne seroient pas égales: Ainsi les deux cercles se couperont en C. Or cela étant certain, & la façon dont on peut décrire ces cercles nous étant connuë, on jugera que, si sans avoir tiré les deux lignes, ni pris le point C, on fait deux cercles des deux extrémités A & B comme centres, & de l'intervale A B; & que du point où les circonférences s'entrecouperont comme C, on tire deux lignes aux extrémités A & B: chacune de ces lignes sera égale à A B; & que la définition du cercle, & la description des deux, A C D, B C E, seront les principes de la preuve de l'égalité des deux lignes A C, C B avec A B: & l'on pourra juger que les lignes A C, C B, sont égales entr'elles, puisque l'une & l'autre est égale à A B, si l'on fait ce principe, *Les choses égales à une autre, sont égales entr'elles*; & ce principe servira pour le prouver: d'où l'on connoitra que le triangle est équilateral.

On appelle Synthêse ou composition, la construction de la figure, & le raisonnement qui se fait ensuite de l'analyse. On peut, si l'on veut, appeller toute l'opération, Analyse: & alors elle aura trois parties; la Zététique, ou recherche de ce qui peut être connû; la construction de la figure; & la démonstration.

Que si l'on trouve qu'il y ait quelque liaison & connexité de ce qu'on suppose fait, avec une fausseté premiére; le Problême sera impossible, & on le prouvera impossible par cette fausseté.

Lorsque les Problêmes sont éloignez des premiers principes, ils sont beaucoup plus difficiles. Néanmoins par la même méthode, on peut souvent trouver leur solution, en tirant des lignes nouvelles, &c. Il y en a des exemples dans les Livres de Géométrie.

Pour les Problêmes des nombres; comme, *trouver un nombre quarré égal à la somme de deux autres nombres quarrés*: on suppose que les nombres que l'on cherche sont trouvez, & on les marque par des lettres, suivant la méthode expliquée ci-devant, tant les connus que les inconnus,

nus, du moins les inconnus. On en fait ensuite l'analyse, c'est à dire, on en considére les conséquences jusques à ce qu'on parvienne à une chose qui soit connuë, par le moyen de laquelle on donnera la solution du Problême avec assez de facilité.

On peut encore se servir pour la solution des Problêmes en nombres, de la méthode qui a été expliquée pour les Théorêmes ; qui est de remarquer quelque propriété en quelques nombres, par laquelle on puisse resoudre ce qui est proposé. Comme, si on sait que lorsque le quarré d'un nombre est égal à la somme des quarrés de deux autres nombres, ces trois nombres s'appellent un triangle rectangle en nombres ; & qu'on propose pour problême de trouver un certain nombre de ces triangles rectangles, comme quatre ou cinq, &c : Après avoir trouvé par hazard ou autrement un de ces triangles, comme 3, 4, 5 ; car 25 quarré de 5, est égal à 16 & 9 ensemble, qui sont les quarrés de 4 & de 3 : on pourra remarquer que le plus grand nombre 5 est composé de deux quarrés, savoir 4 & 1, dont 2 & 1 sont les racines ; que 3 est la différence de ces mêmes quarrés ; & que le troisiéme nombre 4 est le double du produit de ces deux racines 1 & 2. Ensuite de cette remarque, on pourra prendre deux autres nombres, comme 3 & 2 : & après avoir considéré que 13 est la somme des quarrés de ces deux nombres, & que 5 est la différence des mêmes quarrés, on verra que si on ôte de 169 quarré de 13, 25 quarré de 5, il restera 144, qui est aussi un nombre quarré, dont la racine est 12 ; & par conséquent que 13, 12, & 5 font un triangle rectangle en nombres, & que 12 est le double du produit des racines 2 & 3. On fera encore de semblables remarques en deux autres nombres comme 2 & 5 ; & l'on trouvera que 29 somme de leurs quarrés, 21 différence des mêmes quarrés, & 20 double de leur produit, est aussi un triangle rectangle ; car le quarré de 29, qui est 841, est égal à la somme de 400 & de 441 quarrés de 20 & de 21 : d'où l'on pourra conjecturer que cette régle est générale, & que par son moyen on trouvera tant de triangles rectangles qu'on voudra. On cherchera ensuite les principes, pour faire la démonstration de cette régle.

De même, si l'on remarque qu'aux triangles 3. 4. 5, & 20. 21. 29, les deux moindres côtés ont l'unité pour différence ; & qu'on propose de trouver une régle pour faire d'autres triangles rectangles à l'infini, qui ayent la même propriété : on pourra considérer le raport qu'ont les deux nombres 2 & 5, qui servent à faire le triangle 20, 21, 29, aux deux 1 & 2, qui servent à faire le triangle 3, 4, 5 ; & on pourra prendre garde que le plus grand des deux nombres 1 & 2 est égal au moindre des deux autres 2 & 5, & que 5 est égal à la somme des deux 1 & 2 plus le même nombre 2. Ensuite on pourra prendre, suivant la même régle, 5 & 12, le moindre desquels est égal au plus grand des deux 2 & 5, & 12 est égal à la somme des mêmes 2 & 5, plus le même nombre 5.

Après avoir fait par le moyen de ces deux nombres 5 & 12, ſuivant la régle ci-deſſus, le triangle 169, 120, 119; & avoir remarqué que les moindres côtés 120 & 119, ont auſſi l'unité pour différence : on aura une opinion vrai-ſemblable que cette progreſſion s'étend à l'infini. On prendra enſuite d'autres nombres ſelon la même progreſſion, comme 12 & 29, 29 & 70, 70 & 169, 169 & 408, &c: & ſi on remarque que ces nombres pris de deux en deux, ſervent à faire des triangles rectangles qui ont encore cette propriété, ſavoir que leurs deux moindres côtés ont l'unité pour différence; on cherchera les principes pour faire la démonſtration de cette régle, ſuivant ce qui a été enſeigné ci-devant; & ſi on les trouve, & que par leur moyen on puiſſe prouver l'infaillibilité de cette régle, on aura trouvé la ſolution du Problême.

On pourra encore remarquer que dans le triangle 13, 12, & 5, qui eſt fait par 2 & 3, le nombre 7 eſt la différence des deux côtés; & que 3 & 8 qui viennent de 2 & 3, ſuivant la même régle de progreſſion, font le triangle 73, 55, 48, qui a le même nombre 7 pour la différence de ſes deux moindres côtés; & que la même propriété ſe trouve dans pluſieurs autres nombres de la même progreſſion, comme 8. 19, 19. 46, &c. D'où l'on pourra conjecturer que cette régle eſt univerſelle : c'eſt à dire, que ſi l'on prend deux nombres quels qu'ils ſoient, dont on faſſe une progreſſion ſelon la régle ci-deſſus ; la même différence qui ſe trouvera entre les deux moindres côtés du triangle qui ſera fait par les deux premiers nombres de la progreſſion, ſe trouvera auſſi entre les deux moindres côtés de tous les autres triangles faits par deux autres nombres de la même progreſſion. Et après qu'on aura remarqué cette propriété par pluſieurs autres exemples, & même que dans la ſuite de ces triangles, les côtés qui ſont la différence des deux quarrés, ſurpaſſent, & ſont ſurpaſſez alternativement par les autres côtés; on cherchera les principes pour en faire une démonſtration univerſelle. Cette méthode eſt fort utile pour trouver pluſieurs propriétés admirables & ſurprenantes dansles nombres, qu'on pourra propoſer comme des Théorêmes, ou comme des Problêmes; mais, parce que le plus ſouvent ce ne ſont que de vaines curioſités, il ne faut pas beaucoup s'y arrêter.

Il y a encore une autre méthode fort commode pour trouver la ſolution des Problêmes, tant d'Arithmétique que de Géométrie, même des plus difficiles : on l'appelle vulgairement Algébre ou Analyſe algébrique. Elle conſiſte principalement en deux choſes.

La *premiére* eſt, que pour exprimer la plupart des raiſonnemens, & des opérations qu'il faut faire pour parvenir à la ſolution des queſtions, on ſe ſert, outre les lettres de l'Alphabet, & les caractéres de l'Arithmétique commune, de pluſieurs autres notes & caractéres: comme + pour ſignifier plus ; — pour ſignifier moins ; A^2, A^3, A^4, pour ſignifier A quarré, A cube, A quarré quarré ; A B, pour ſignifier le produit de A par B; $\frac{A}{B}$ pour ſignifier le quotient de A diviſé par B ; = pour ſi-

gnifier

gnifier égalité, commme A = B — C ſignifie A égal à B moins C; & pour ſignifier que deux grandeurs ont entre elles un même raport que deux autres, on les note ainſi, A ɪ B ɪɪ C ɪ D, ce qui donne à connoître que A a un même raport à B, que C à D, &c.

La *ſeconde* & la plus importante eſt, qu'après avoir exprimé par quelques-unes de ces notes ou par quelques autres, les grandeurs connuës & inconnuës, qui peuvent ſervir à reſoudre le Problême; on le ſuppoſe fait, comme en l'Analyſe dont il eſt parlé ci-devant, & l'on en tire des conſéquences, en comparant enſemble les grandeurs exprimées par ces diverſes notes, en conſidérant les rapports qu'elles ont les unes avec les autres, en les ajoutant enſemble, ou en les ôtant les unes des autres, &c. ſelon les conditions de la queſtion, juſques à ce qu'on trouve une égalité entre deux grandeurs exprimées diverſement, dont l'une ſoit l'inconnuë, ou ſon quarré, ou ſon cube, &c. & l'autre, celle qui eſt connuë, ou ſa moitié, &c. par le moyen laquelle égalité, & de certaines régles que cette méthode enſeigne, on découvre quelle eſt cette grandeur inconnuë, & l'on reſout enſuite le Problême.

Les principes dont on ſe ſert le plus ordinairement en Algébre, ſont les quatre ſuivans. *Si de choſes égales on ôte des choſes égales, les reſtes ſont égaux : Si à des choſes égales on ajoute des choſes égales, les tous ſont égaux : Les produits des grandeurs égales multipliées par un même nombre, ſont égaux : Les quotiens des grandeurs égales diviſées par un même nombre, ſont égaux.*

EXEMPLES DE L'ANALYSE ALGEBRIQUE.

PREMIER EXEMPLE.

ON demande deux nombres tels que le moindre étant ajouté à 10, la ſomme ſoit égale au plus grand; & le même nombre 10 étant ajouté au plus grand, la ſomme ſoit triple du moindre.

Pour reſoudre cette queſtion ou Problême, on pourra poſer une lettre comme A, pour le moindre nombre, & y ajoutant 10, la ſomme ſera A plus 10, qu'on note ainſi A † 10: & parce que ſuivant la premiére condition du Problême, cette ſomme doit être égale au plus grand des deux nombres; on pourra conclure que ce plus grand nombre ſera A † 10. Si on lui ajoute 10, la ſomme ſera A † 20, qui doit être triple du moindre nombre A, & par conſéquent égale à 3 A: d'où l'on pourra connoître qu'il y aura égalité entre 3 A, & A † 20; & qu'ôtant un A de part & d'autre, les reſtes 2 A, & 20, ſeront encore égaux : enfin l'on pourra juger qu'il y a égalité entre leurs moitiés A & 10, & que le nombre qu'on avoit poſé être A, eſt 10, ce qui reſout la queſtion; car l'autre nombre qu'on avoit trouvé être A † 10,

ſera

sera 20, & ces deux nombres 10 & 20 satisfont au Problême.

On peut trouver la solution de ce Problême, & de quelques autres semblables, par la simple analyse, en ne se servant point de la note †, ni d'aucune autre, à la reserve des lettres de l'Alphabet, & des caractéres de l'Arithmétique commune : mais pour en trouver la solution par la pure Analyse algébrique, il faut, au lieu d'exprimer le raisonnement par de longs discours, y employer plusieurs notes algébriques ; ce qu'on n'a point observé exactement dans cet exemple, ni dans les suivans, de crainte d'être trop obscur.

AUTRE EXEMPLE DE L'ANALYSE ALGEBRIQUE.

ON demande deux nombres, dont la somme & le produit soient des nombres égaux.

On peut resoudre ce Problême par deux maniéres : la premiére est, de poser une lettre comme A, pour un des nombres ; & pour l'autre, quelque nombre comme 4 : la seconde est, de poser une lettre pour chaque nombre.

Par la premiére maniére on pourra raisonnner ainsi. Soit 4 l'un des nombres, & A l'autre : Donc suivant la condition du Problême, leur produit 4 A sera égal à leur somme 4 † A : & si l'on ôte de part & d'autre un A, il y aura encore égalité entre les restes 3 A & 4 : Donc le nombre qu'on a posé A sera $\frac{4}{3}$ qui est le quotient de 4 divisé par 3. Par conséquent les deux nombres cherchez sont 4 & $\frac{4}{3}$, qui satisfont à la question.

Par l'autre maniére, on pourra raisonner ainsi. Soient A & B les deux nombres ; donc leur produit A B sera égal à leur somme A † B : & si on les divise par B, il y aura encore égalité entre la fraction $\frac{A + B}{B}$ & A. (A est le quotient de A B divisé par B) Mais $\frac{B}{B}$ est égal à l'unité, comme $\frac{3}{3}$ ou $\frac{4}{4}$. Donc au lieu de mettre $\frac{A + B}{B}$ on peut mettre $\frac{A}{B} + 1$, qui sera aussi égal à A ; & ôtant l'unité de part & d'autre, $A - 1 = \frac{A}{B}$; & les multipliant tous deux par B, les produits $AB - 1B$ & A seront encore égaux ; (A est le produit de $\frac{A}{B}$ par B, comme 3 est le produit de $\frac{3}{4}$ par 4) & si l'on divise ces deux produits par $A - 1$, les quotiens B & $\frac{A}{A-1}$ seront égaux, & par cette raison l'on mettra $\frac{A}{A-1}$ au lieu de B ; ce qui pourra faire connoitre que la question sera resoluë : Car les deux nombres qu'on avoit notez A & B étant reduits à A & $\frac{A}{A-1}$, on verra facilement que quelque nombre qu'on prenne pour A, comme 6 ; $A - 1$ sera 5, & $\frac{A}{A-1}$ sera $\frac{6}{5}$: & que si A est 2, les deux nombres

bres seront 2 & $\frac{2}{1}$, dont le dernier vaut aussi 2; & que ces nombres satisfont à la question, de même que 3 & $\frac{3}{2}$, 4 & $\frac{4}{3}$, & ainsi à l'infini, en prenant tel nombre qu'on voudra pour A; & par conséquent que la solution de ce Problême sera universelle.

EXEMPLE D'UN PROBLEME DE GÉOMETRIE.

UNe ligne étant donnée comme AB, on demande qu'on la divise en deux parties inégales comme au point C, en sorte que cette ligne étant continuée directement en BD, & BD étant égale à BC, le quarré de la partie AC soit égal au rectangle ou produit de la partie BC, & de la toute AD. TAB. XXV. Fig. 51.

Pour resoudre ce Problême, on peut poser la lettre a pour la ligne donnée AB, & b pour BC ou BD: & supposant que C est le point qu'on cherche; pour ne pas mettre trop de lettres différentes, on notera AC par $a-b$, & AD par $a+b$, & l'on pourra raisonner ainsi. Le quarré de $a-b$, selon le calcul algébrique, est a^2+b^2-2ab; & le rectangle de $a+b$ par b, est $bb+ab$. Donc, suivant la condition du Problême, il y a égalité entre ces deux grandeurs: & si on ôte b^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre a^2-2ab, & ab; & ajoutant $2ab$ de part & d'autre, il y aura encore égalité entre a^2 & $3ab$; & par cette égalité, on pourra remarquer qu'il est nécessaire que $3a$ soit à a, comme a est ab, si on sait que lorsque trois grandeurs sont continuellement proportionnelles, le quarré de la moyenne est égal au rectangle des deux extrêmes, puisque le produit des deux extrêmes $3a$ & b est égal au quarré de la moyenne a; & l'on conclura que comme $3a$ est triple de a, a doit être triple de b; d'où l'on pourra juger que si l'on prend le tiers de la ligne donnée AB, qu'on a notée par la lettre a, & que BC soit ce tiers, on aura trouvé le point requis qui est C, & qu'on aura satisfait à l'Analyse du Problême, dont on pourra donner ensuite la Synthêse ou composition, c'est à dire la construction & la démonstration, si on sait les premiers Elémens de Géométrie.

Quelques-uns appellent Algébre numerique, celle où l'on se sert des caractéres des nombres, comme 3,4,5,&c; & Algébre spécieuse, celle où l'on se sert seulement des lettres de l'Alphabet, & de quelques autres notes, pour exprimer les grandeurs connuës & inconnuës. Mais cette distinction n'est pas nécessaire: car on peut se servir indifféremment de toutes les notes qui sont les plus commodes, comme on le peut juger par le premier exemple; car si on avoit mis une lettre comme B au lieu du nombre 10, l'opération auroit été plus longue & plus obscure. On voit aussi dans le troisiéme Problême, qu'encore qu'il soit de Géométrie, & qu'on ait mis des lettres pour les grandeurs connuës & inconnuës, on n'a pas laissé de se servir du nombre 3. Tout

ce qu'on peut obſerver, eſt de ne point poſer un nombre déterminé pour un nombre inconnu ; car il arriveroit ſouvent que ce ſeroit une fauſſe poſition, par laquelle on ne pourroit reſoudre le Problême: au-lieu que poſant des lettres, on ne poſe jamais rien de faux.

On voit dans *Diophante* & dans d'autres Auteurs, beaucoup d'exemples de ces fauſſes poſitions, qui ne ſont pas pourtant inutiles ; car elles leur ſervent enſuite à connoître quels nombres ou lettres ils doivent poſer dans la ſeconde opération. On peut remarquer auſſi que la premiére maniére du ſecond Problême ci-deſſus, où l'on a poſé 4 pour un nombre inconnu, donne une ſolution plus courte & plus aiſée que la deuxiéme maniére, où l'on a poſé A & B pour les deux nombres ; mais cette derniére eſt plus belle, & donne une ſolution univerſelle.

Il y a un défaut en cette méthode, qui eſt qu'on ne ſait pas bien quand il faut multiplier ou diviſer les grandeurs, ni par quelle quantité on les doit multiplier ou diviſer, & que ce n'eſt que par conjecture qu'on le découvre ; mais l'uſage facilite ces opérations, & l'on rencontre aſſez ſouvent la plus courte voië.

Il eſt à remarquer que la plupart des opérations de l'Algébre ſont fondées ſur des propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique ; & que par conſéquent on ne peut pas démontrer par ces opérations, les mêmes propoſitions qui leur ont ſervi de preuve, car on contreviendroit au Principe 8. En voici un exemple. On trouve par le calcul de l'Algébre, que le quarré de A—B eſt $A^2 + B^2 - 2\,AB$, & l'on prend dans ce calcul B^2, pour le produit de —B par —B, c'eſt à dire de moins B par moins B, ce qui eſt fort ſurprenant ; car il paroît d'abord que ce produit devroit être plutôt $-B^2$ que $+B^2$. Quelques-uns diſent que cela procéde de ce que deux négations valent une affirmation ; mais c'eſt une Régle de Grammaire, qui eſt même fauſſe dans la Grammaire Françoiſe ; & dans ce calcul, on ne nie point, mais on multiplie. D'autres diſent, que moins moins vaut autant que plus plus ; ce qui eſt inconcevable, bien loin d'être clair & évident. Il eſt donc néceſſaire de prouver la bonté de cette opération, puis qu'elle ne s'établit pas d'elle-même. La preuve s'en fait par la ſeptiéme du ſecond des *Elémens d'Euclide*, où il eſt démontré que ſi une ligne eſt diviſée en deux parties, le quarré de la ligne entiére, plus le quarré d'une des parties, eſt égal au quarré de l'autre partie, plus deux fois le rectangle de la toute par la partie premiérement priſe : car il eſt facile de connoître par cette propoſition, que ſi A eſt la ligne entiére, & B une de ſes parties, le quarré de l'autre partie qui eſt A—B, ſera égal au quarré de la toute A, moins deux fois A B, plus le quarré de l'autre partie B ; & que c'eſt la raiſon pour laquelle il faut prendre B^2 pour le produit de —B par —B ; car en ôtant deux fois AB du quarré de A, ce qui reſte eſt moindre que le quarré de A—B, & la différence eſt le quarré de B, lequel par conſéquent y doit être ajouté : d'où il eſt évident qu'on ne doit

doit pas entreprendre de prouver par ce calcul cette même propoſition ſeptiéme, puiſque c'eſt par elle qu'on a établi la bonté de ce calcul.

Lorſque les Problêmes tant de Géométrie que d'Arithmétique, ſont fort difficiles; on employe encore d'autres notes & d'autres opérations beaucoup plus malaiſées à comprendre que celles dont on a donné des exemples; & l'on a beaucoup plus de peine à trouver les égalités, & à les reſoudre. On en pourra voir des exemples dans pluſieurs Livres qui traitent de cette Analyſe algébrique; mais les difficultés qu'on trouvera à bien apprendre toutes les Régles de cette Méthode, pourront faire douter ſi l'utilité n'eſt pas moindre que la peine, du moins dans les queſtions très-difficiles, qui ſont ordinairement les plus inutiles.

Pour les autres propoſitions intellectuelles, qu'on appelle ſurnaturelles ou de Métaphyſique, il eſt difficile d'y raiſonner : car nous connoiſſons peu de principes qui y puiſſent ſervir, & nous ne pouvons former une idée exacte de l'infini, de l'éternité, &c. mais ſeulement par quelque raport aux choſes ſenſibles & finies; & tout ce qu'on y peut obſerver, eſt de prendre garde que ce qu'on en dira, n'ait point de connexité avec des fauſſetés premiéres.

ARTICLE II.

De la façon de trouver les Principes pour les propoſitions ſenſibles.

LE premier principe & le plus univerſel pour les choſes ſenſibles eſt la ſeconde demande : car ſi l'on refuſe de l'accorder, on ne peut plus rien aſſurer de ce qui tombe ſous nos ſens; & ce ſeroit en vain qu'on chercheroit les cauſes des choſes naturelles, & les principes pour les prouver, ſi on croyoit qu'il n'y eût aucune choſe naturelle. On a fait une demande de cette propoſition, ſuivant la Régle expliquée en l'article précédent; parce qu'il eſt impoſſible ou très-difficile de la démontrer, & parce que quelques Philoſophes ont fait profeſſion d'en douter. Les cauſes de leurs doutes étoient que lorſque nous dormons, il nous paroît ſouvent que nous faiſons quelques actions, & que nous voyons beaucoup de choſes différentes entr'elles, de la même maniére que quand nous ſommes éveillez : d'où ils concluoient que, puis qu'on ne peut être aſſuré s'il y a des objets réels dans quelques-unes de ces apparences plutôt que dans les autres, & que ces apparences étant ſouvent contraires les unes aux autres, il y en a quelques-unes néceſſairement fauſſes; il étoit impoſſible d'être aſſuré qu'il y en eût aucunes de véritables.

La difficulté ou impoſſibilité de démontrer cette ſeconde demande, procéde de ce que les principes ſenſibles n'y peuvent ſervir, puis qu'elle-

même eſt néceſſaire pour les établir : & de ce qu'on ne peut énoncer les principes intellectuels, comme, *le tout eſt plus grand qu'une de ſes parties*, ſans qu'on la ſuppoſe; puis qu'on ne doit parler affirmativement ni de tout, ni de parties, ni de grandeur, s'il n'y a aucune réalité dans tout ce qui nous paroît. C'eſt pourquoi, ſi un eſprit contentieux ſoutient que toutes nos apparences n'ont point d'objet réel, que nous n'avons aucun corps, &c. il ne faut plus diſputer contre lui : car ſi même on lui mettoit la main dans le feu, il pourroit dire qu'il auroit l'apparence d'être brûlé, & de ſouffrir la douleur de la brulure; mais qu'il n'y auroit aucun objet réel de ces apparences. Et quand on lui objecteroit, qu'en ſoutenant que cette demande ne doit pas être accordée, il fait une action, & qu'il croit qu'elle a été écrite ou énoncée par quelqu'un; il pourroit auſſi dire qu'il en a eu ſeulement les apparences. Auſſi n'eſt-ce pas par raiſonnement que nous croyons l'exiſtence des choſes qui nous paroiſſent; mais parce que nous ſommes naturellement diſpoſez à croire leur exiſtence avec une très-grande certitude, lors qu'elles nous paroiſſent, comme il a été dit en la ſoixante-huitiême propoſition : & l'on n'a pas raiſon de conclure que toutes nos apparences ſoient fauſſes, parce qu'il y en a quelques-unes de fauſſes; mais on doit plutôt dire, que nous n'aurions pas ces fauſſes apparences, ſi nous n'avions pas eu auparavant de véritables perceptions de quelques choſes réelles & réellement exiſtentes, dont l'impreſſion ſe renouvelle quelquefois en nous, en l'abſence des objets, & en dormant.

Il n'eſt pas néceſſaire de ſe mettre en peine de prouver cette ſeconde demande; puis qu'elle eſt reçuë naturellement de tous les hommes avec une telle certitude, que ceux-mêmes qui la veulent nier, témoignent, en la niant, qu'ils la croyent, tant par l'ardeur de leurs diſcours, que par d'autres marques qui font connoître qu'ils croyent parler & être écoutez.

Il ne faut pas auſſi s'étonner de ce qu'en ſongeant, nous croyons que ce qui nous paroît a une exiſtence réelle; puiſque les ſonges étant une imitation des apparences des choſes réelles, il ſe fait auſſi en ſongeant, un mouvement de créance de ces fauſſes apparences, ſemblable à celui qu'on a eu des apparences des choſes réelles, comme il a été dit en la même propoſition ſoixante-huitiéme. Enfin, ſi nous poſons pour hypothêſe cette ſucceſſion d'apparences du veiller & du dormir, dont les premiéres ont des objets préſens, & les autres non; nous ne trouvons jamais rien qui contrevienne à cette hypothêſe, & par le Principe cinquante-troiſiéme, nous la devons recevoir, puiſque la poſant pour véritable, nous pouvons rendre raiſon de nos apparences, & même en prévoir la plupart.

Le ſecond Principe qu'il faut recevoir, & ſans lequel on ne peut établir les ſciences naturelles, eſt le quarante-troiſiéme : car les principes d'expérience ne peuvent être reçus, ſi l'on n'eſt aſſuré d'avoir fait

les

lès expériences sur lesquelles ils sont fondez; & l'on ne peut être assuré de les avoir faites, si l'on n'a des marques & des régles pour pouvoir faire distinction entre les apparences des songes, & les véritables perceptions des objets.

La Régle qu'on donne en ce quarante-troisiéme Principe, pour faire cette distinction, est fondée sur ce que d'ordinaire les apparences que nous avons en songeant, sont incompatibles, & n'ont aucune liaison entr'elles; ce qui fait qu'on les rejette comme fausses, lors qu'on est éveillé: & les enfans qui au commencement croyent leurs songes, cessent de les croire après avoir remarqué plusieurs fois, que leurs apparences sont contraires à celles qu'ils ont étant éveillez, & qu'elles n'ont point de liaison entr'elles-mêmes.

On a mis cette proposition dans le rang de celles qui concernent la vrai-semblance conformément à la proposition trente-sixiéme, parce qu'on ne peut savoir avec une certitude infaillible, s'il n'est pas possible, du moins intellectuellement, que les apparences de quelques-uns de nos songes durent long-tems, & qu'elles ayent une parfaite liaison entr'elles: Car mêmes nous pouvons songer qu'on nous soutient que nous dormons, & que nous nous éveillerons bien-tôt, de même qu'on peut nous le soutenir lorsque nous sommes éveillez: d'où il s'ensuit, que si l'on dit à un homme éveillé qu'il est en délire, ou qu'il fait un songe, il ne peut pas prouver avec une certitude invincible qu'il soit éveillé, & qu'il ait l'esprit bien disposé; quoiqu'il le doive croire, si toutes les choses qu'il remarque sont selon la suite des causes & des effets naturels. Ainsi lors qu'il est nuit, & qu'il connoît les étoiles, leurs situations & leurs mouvemens, & qu'il voit ces choses de la maniére qu'elles doivent être, qu'il voit tous les meubles qui doivent être en une chambre dans leur disposition ordinaire, & ainsi de plusieurs autres objets; il doit croire qu'il est éveillé, & que ces étoiles & meubles sont des choses réelles qui existent véritablement hors de lui; & c'est la plus grande certitude que nous puissions avoir pour les choses sensibles.

Que si un esprit contentieux soutient que nous devons suspendre notre jugement, & demeurer toujours dans le doute, puis qu'on n'a pas une conviction entiére; on lui répondra que cette incertitude seroit très-incommode, puis qu'il faudroit toujours combattre notre propre créance, & parler contre notre sentiment naturel: & puisque dans nos songes mêmes, nous ne suspendons pas notre jugement, du moins très-rarement; nous le devons bien moins suspendre, quand nous croyons être éveillez. Aussi n'en peut-il arriver aucun inconvénient; puisque si quelques-unes de ces apparences étoient des songes, nous cesserions de les croire lorsque nous serions éveillez, & nous ne nous en servirions point pour établir les sciences.

Nous avons encore une marque très-considérable pour distinguer suffisamment les apparences des songes, de celles que nous avons étant éveil-

veillez ; qui eſt, qu'en nous éveillant, nous pouvons faire d'abord réflexion ſur les fauſſes apparences que nous venons d'avoir, & en conſidérer le détail ; mais quand il nous arrive de ſonger pendant la nuit, nous ne repaſſons pas dans notre penſée, ou du moins très-rarement, le détail de ce qui nous a paru tout le jour, juſques au moment que nous nous ſommes endormis : & par cette différence, nous devons juger que nous ſommes véritablement éveillez, quand nous pouvons faire réflexion ſur le détail de ce qui nous a paru pendant le tems de cinq ou ſix jours de ſuite.

La ſeconde demande & le quarante-troiſiéme principe étant accordés, il faut conſidérer ſi les propoſitions ſenſibles ſont des vérités premiéres ſenſibles, ou non. Si elles ſont des vérités premiéres ſenſibles, on les reçoit ſans difficulté, ſelon les principes 13, 14, 15 ; comme, la propoſition, *le feu eſt chaud*, ſera reçuë pour vraie par ceux qui le touchent, dans le ſens du principe quatorziéme. Mais ſi la ſubſtance ou la qualité ne tombe pas ſous les ſens, on tâchera de la prouver par induction, c'eſt à dire en la faiſant tomber ſous les ſens, ſelon le principe neuviéme ; car par ce moyen, on fait que la queſtion propoſée devient vérité premiére ſenſible, & il ne faut point chercher d'autres principes pour la prouver. Que ſi la queſtion eſt du nom, comme, ſavoir ſi l'effet que le feu fait en nous, s'appelle chaleur ; la définition ſera le principe : & le premier principe ſera de le demander aux autres hommes qui parlent ce langage, ce qui eſt auſſi une preuve par induction ; & il ſuffira que pluſieurs l'aſſurent, & qu'aucun ne le contrediſe. Que ſi l'on ne peut pas prouver une propoſition ſenſible douteuſe par induction, il faut chercher des principes qui puiſſent ſervir à ſa preuve ; mais on ne peut donner des régles certaines & infaillibles pour les trouver. Voici une méthode dont on pourra ſe ſervir.

Si la queſtion ſe fait pour l'exécution de quelque choſe qu'on ne puiſſe différer, on pourra ſe contenter des principes de vrai-ſemblance, depuis le quarante-troiſiéme juſques au cinquante-troiſiéme. Car, par exemple, il ne faut pas attendre qu'on ait décidé avec exactitude, lequel eſt le meilleur de tous les remédes pour un malade qu'il faut promptement guérir, avant que de lui en appliquer un ; parce que le mal pourroit s'augmenter pendant la diſpute, & l'on contreviendroit au principe quatre-vingt-neuviéme. Mais, lors qu'on veut établir une ſcience, comme la Médecine, la Muſique, &c. il faut que les principes dont on veut ſe ſervir, ayent une entiére certitude, du moins une très-grande vrai-ſemblance.

Les Propoſitions qui peuvent ſervir de principes dans les choſes ſenſibles, ſont intellectuelles ou ſenſibles.

Les Propoſitions intellectuelles ſervent à la preuve des ſenſibles, en les ajuſtant à la matiére par un retour, comme on a formé les objets intellectuels par abſtraction. Ainſi, pour rendre raiſon des effets de la

vuë & de la lumiére, on prend pour principes les propofitions de Géométrie concernant les angles, les cercles, les fphéres, les fections coniques, & les autres figures, felon qu'on juge qu'elles y peuvent fervir. Comme, pour prouver pourquoi dans les miroirs plans, l'image paroît auffi enfoncée dans le miroir que l'objet en eft eloigné; on pourra décrire une figure, en laquelle une ligne comme A B repréfentera le miroir, & C & G les deux yeux: Après, on examinera la queftion par les maximes naturelles connuës, comme, *l'angle de reflexion des rayons eft égal à celui de leur incidence:* & fuppofant des angles égaux au point E, favoir DEA, CEB, & DHA, GHB, au point H; on pourra voir que le rayon DE fe refléchira en EC, & le rayon DH en HG. Enfuite par le moyen de quelques autres maximes naturelles, ou principes d'expérience, fi on les fait, on pourra connoître que l'objet D paroîtra à l'œil qui eft en C, dans la ligne CEF, & à l'autre œil qui eft en G dans la ligne GHF; & par conféquent qu'il paroîtra au point F où ces lignes fe coupent: Et fi l'on a apris les premiéres propofitions de Géométrie, on faura, en tirant DAF perpendiculaire à EA, que AF eft égale à DA; & l'on jugera que l'on pourra fe fervir de ces principes de Géométrie & d'Optique, &c. pour le prouver, & que fans ces principes on n'en pourroit faire la preuve, ni rendre raifon de cette apparence. On fera de même à l'égard de plufieurs autres propofitions fenfibles douteufes. TAB. XXV. Fig. 6.

Les principes fenfibles pour prouver les queftions naturelles, font les maximes naturelles fondées fur les expériences ou vérités premiéres fenfibles, felon les principes 11, 12, 18, 49 & 50: Comme, *les poids égaux en diftances inégales, péfent inégalement: Les rayons qui paffent obliquement d'un milieu tranfparent, en un autre de différente tranfparence, font une inflexion, & ne vont plus felon les mêmes lignes droites: L'angle de reflexion des rayons eft égal à celui de leur incidence: La lumiére s'étend en lignes droites par un même milieu tranfparent.* Plus on faura de ces maximes, plus on fera capable de rendre raifon des effets naturels.

Pour parvenir à la connoiffance de ces maximes naturelles ou principes d'expérience, il faut faire plufieurs obfervations exactes: comme, pour les pefanteurs, on fufpendra quelque corps à un fil en diverfes pofitions, & fi l'on remarque à peu près que la rectitude du fil, tirant au centre de la terre, paffe toujours par un même point, on pourra nommer ce point centre de pefanteur, & inférer fuivant la propofition dix-huitiéme, (qu'on fuppofe en tous les principes d'expérience) qu'il y a un tel centre en chaque corps, ce que l'on prouvera, fi l'on peut, par d'autres principes; & ainfi l'on trouvera les autres maximes naturelles, telles que font les fuivantes.

MAXI-

MAXIMES OU REGLES NATURELLES, OU PRINCIPES D'EXPERIENCE.

LA Nature ne fait rien de rien, & la matiére ne se perd point.

Il n'est point de matiére sans quelques qualités apparentes ou réelles.

La vuë se fait selon des lignes droites.

Le fer se meut vers l'aimant.

L'air se dilate par la chaleur, & se presse par la diminution de la chaleur, & par violence.

Le frottement ou froissement des corps solides les échauffe.

Les rayons lumineux pénétrant obliquement de l'air dans l'eau ou dans le verre, prennent diverses couleurs.

Quoiqu'on ne sache pas les causes de ces effets, on ne laissera pas de se servir de ces Propositions pour en prouver d'autres, & de les prendre pour Principes, jusques à ce qu'on en ait découvert les véritables causes, selon les propositions 49 & 50: mais il faut que ces véritables causes soient parfaitement prouvées, autrement on ne doit pas les recevoir. Il faut aussi remarquer qu'on ne peut prouver un effet naturel par les seuls principes intellectuels, si ce n'est lorsque tout est égal de part & d'autre; car en ce cas l'expérience n'est pas néceffaire: comme, cette demande d'Archiméde, *les poids égaux en distances égales, pésent également*, peut passer pour un principe intellectuel; car où prendroit-on l'inégalité, & d'où pourroit-elle proceder, puisque tout est pareil de part & d'autre? Mais cette autre demande, *les poids égaux en distances inégales, pésent inégalement*, a besoin d'expérience.

Pour les Problêmes des choses naturelles & sensibles, comme *élever un arbre*, *conserver les fruits*, *faire discerner un objet de fort loin*, *trouver la distance d'un objet inaccessible*; on se sert des Théorêmes ou des Problêmes de Mathématique, & des maximes naturelles qui nous peuvent faire connoître les causes & les effets qu'on nous demande. Comme, pour parvenir à l'exécution de ce Problême, *discerner un objet de fort loin*; on pourra juger que les objets sont discernez, quand ils portent beaucoup de lumiére à l'œil, & que leur image est grande sur les nerfs de la vuë: il faut donc chercher à amplifier l'image de l'objet; ce que l'on pourra faire, si l'on sait les principes de l'Optique, & les propriétés des verres sphériques convexes & concaves. On pourra trouver aussi par les mêmes principes, les moyens d'augmenter dans l'œil la lumiére d'un objet éloigné, ce qui servira à l'exécution de ce Problême. De même, pour ce Problême, *mésurer la continence d'un espace superficiel de terre*, on applique les principes de Géométrie sensiblement, en faisant des angles avec des instrumens de bois ou de cuivre, en tirant des lignes droites, soit avec un cordeau ou autrement; & ajustant les vérités in-

intellectuelles à la matiére & aux ſens, le plus exactement qu'il ſera poſſible, on pourra ſatisfaire ſuffiſamment à ce Probléme, & de même à l'égard de pluſieurs autres.

La plupart des queſtions ſenſibles & naturelles, & les plus ordinaires ſont; *ſi une choſe eſt; quelle elle eſt; quelles qualités elle a; quelles ſont ſes cauſes & ſes effets; comment elle agit, & reçoit les actions des autres choſes.*

Lorſque l'on demande ſi une choſe eſt, comme, ſi ce que nous appellons le Soleil, eſt une choſe qui exiſte véritablement; les principes pour le connoître & pour le prouver, ſont la troiſiéme demande, & le principe quarante-troiſiéme.

Lorſque l'on demande, ſi une choſe eſt une telle ſubſtance, ou une telle qualité: ſi la queſtion eſt du nom, l'on y ſatisfera ſuivant les préceptes ci-deſſus; ſi elle eſt de la choſe, on ſe ſervira des principes 13, 14, & 15.

On demande quelquefois, ce qu'une choſe eſt en elle-même; mais il eſt preſque toujours impoſſible de ſatisfaire à cette demande. Car, puiſque nous ne connoiſſons les choſes naturelles que par les effets qu'elles font en nous, ou ſur les autres choſes; ou par les effets que nous faiſons en elles, ou qui ſont faits en elles par d'autres choſes; & que les effets ne ſe font que ſelon le raport que les choſes ont les unes aux autres: il eſt évident que nous ne pouvons ſavoir ce qu'elles ſont en elles-mêmes, & qu'il ſuffit de connoître ce qu'elles ſont à notre égard, & par raport aux autres choſes.

La queſtion, ſi une ſubſtance a telles qualités, ſe peut prouver par les principes 13, 14, 29, 30, & 31: mais il faut prendre garde de ne point confondre les qualités apparentes avec les réelles. Ainſi, la peſanteur ſera priſe plutôt pour un mouvement vers la maſſe de la terre, ou pour quelque impulſion, que pour une qualité qui ſoit dans le corps peſant. La lumiére ſera priſe pour un effet que l'œil reçoit du corps lumineux, qui le fait paroître lumineux. L'humidité ou moiteur qu'on donne à l'eau, ſera priſe pour une viſcoſité, qui fait qu'elle s'attache aux corps qu'elle touche, d'où ils ſont dits être mouillez, c'eſt à dire pleins d'une partie de l'eau qui s'y eſt attachée.

La queſtion, pourquoi une choſe eſt, a deux ſignifications: car, ou l'on demande à quoi elle ſert, ou quelles ſont ſes cauſes agiſſantes ou efficientes. Dans le premier ſens, il faut conſidérer de quelle utilité eſt cette choſe, & quels effets elle produit dans les choſes naturelles; comme, ſi l'on demandoit pourquoi il fait chaud en Eté, on regardera l'utilité de la chaleur, comme, de meurir les fruits, de faire croître les arbres, &c.

Pour les cauſes efficientes, leur exiſtence ſe prouve par leurs effets, & l'exiſtence des effets ſe prouve par leurs cauſes; le feu prouve l'exiſtence de la chaleur, & la chaleur l'exiſtence du feu ou du Soleil, ou du mouvement, &c. Le principe qu'on y peut employer le plus ſou-

vent, est l'onziéme : comme, si l'on demande pourquoi il fait chaud en Eté, on pourra remarquer que les rayons du Soleil sont plus à plomb, qu'ils passent par un moindre espace d'air grossier, & qu'ils demeurent plus long-tems sur l'horison. Les autres principes pour satisfaire aux questions des causes efficientes, sont les 18, 23, 27, 47, 48, & 49, & les maximes naturelles reçuës selon la proposition 50, telles que sont celles ci-dessus.

Il faut prendre garde quand on demande la cause d'un effet qui est reconnu être la cause d'un autre effet, de n'en point donner de causes incertaines, comme il a été remarqué dans le principe quarante-neuviéme. Ainsi, si l'on demande pourquoi la lumiére s'étend en lignes droites dans un même milieu; il suffira de dire, que c'est une loi de la nature que la lumiére s'étende en lignes droites par un même milieu transparent : & on la pourra tenir pour une cause premiére naturelle, suivant le principe vingt-quatriéme, jusques à ce qu'on en découvre une autre dont elle dépende, & par laquelle elle puisse être expliquée.

Pour ce qui est de savoir comment une chose agit, & reçoit les actions externes; il faut, par le moyen de ses diverses apparences, établir un Systême, ou en faire l'hypothêse, c'est à dire, supposer un état de la chose, auquel toutes les apparences puissent convenir; ou du moins qu'on n'en connoisse point qui y répugne, suivant le principe cinquante-troisiéme : & ces Systêmes supposez serviront aussi à prouver, au moins vrai-semblablement, les causes agissantes & les effets. Quoiqu'on ne soit pas assûré de la vérité d'un Systême, on ne laissera pas de s'en servir, si l'on peut expliquer & prévoir par son moyen les effets qu'il est important de savoir : Ainsi l'on peut se servir du Systême de *Ptolomée* pour le mouvement des Astres, soit qu'il soit vrai ou faux; puis qu'il nous peut faire prédire les éclipses du Soleil & de la Lune.

Il y a six causes principales du peu de progrès qu'on a fait jusques à présent dans la science des choses naturelles.

La premiére est, que nos sens ne nous représentent pas les choses telles qu'elles sont en elles-mêmes; mais telles qu'elles sont à notre égard, suivant le principe vingt-cinquiéme. Par cette raison l'on ne peut établir par l'attouchement les limites de ce qu'on doit appeller chaud ou froid; & l'on se trompe en jugeant que les caves profondes sont plus chaudes en Hiver qu'en Eté. On peut même croire qu'il y a plusieurs qualités dans les substances naturelles que nous ne pouvons connoître, parce qu'elles n'ont point de raport à aucun de nos sens.

La seconde est, que la plupart des Savans sont prévenus de plusieurs fausses opinions qu'ils ont reçuës des autres, ou qu'ils ont fondées sur de fausses apparences, ou sur de faux raisonnemens. Celui qui a dit ou qui a écrit ses sentimens sur quelques points de la Physique, fera rarement de bonne foi les expériences qui paroitront contraires à ce qu'il

aura

aura soutenu ; & il tâchera de faire convenir à ses hypothêses tous les effets qu'il découvrira. Celui qui croit qu'un Auteur a mieux expliqué que les autres quelques effets particuliers, en tire d'ordinaire cette conséquence, qu'il explique mieux que les autres, tous les autres effets.

La troisiéme est, que plusieurs Philosophes s'attachent avec un grand soin à chercher les causes des principes d'expérience, quoiqu'ils soient suffisans pour expliquer beaucoup d'effets naturels selon la Proposition quarante-neuviéme; au lieu d'en tirer plusieurs belles conséquences, & d'imiter en cela les Géométres, qui ne cherchent point à prouver les premiers principes dont ils se servent, mais qui s'attachent à en tirer toujours de nouvelles conséquences.

La quatriéme est, que lorsque quelqu'un veut prouver par écrit quelques propositions touchant les causes de quelques effets, il ne peut faire voir sur le papier, les expériences sur lesquelles il a fondé ses raisonnemens; & même ces expériences sont souvent très-difficiles, tant pour la dépense, que pour le travail & l'exactitude : ce qui est cause qu'on néglige de les faire pour s'en assurer ; & qu'ensuite on les nie téméraitement, ou bien on les reçoit mal à propos.

La cinquiéme est, que la plupart des Philosophes veulent rendre raison de tout, & que sans examiner toutes les apparences, & faire les expériences néceſſaires, ils fondent témérairement leurs hypothêses sur les premiers effets qu'ils apperçoivent ; d'où il arrive que la plupart de ces hypothêses étant insuffisantes, ils tâchent vainement d'expliquer par elles les autres effets qui ont quelque raport à ces premiers.

La sixiéme est, que pour rendre raison des choses naturelles, on se contente souvent d'en chercher une seule cause ; & toutefois, pour l'ordinaire, il y en a plusieurs qui concourent à la production d'un effet, & y contribuënt diversement : d'où il suit qu'il est impossible de bien expliquer la plupart des effets, puis qu'on ignore la plupart de leurs causes ; & qu'il est difficile de ne les pas ignorer, puis qu'on ne les cherche point. Ainsi quelques Philosophes se sont contentés, pour expliquer les mouvemens qui arrivent aux corps durs égaux ou inégaux, après s'être choquez avec des vitesses égales ou inégales, de poser pour hypothêse, que la quantité de mouvement ne s'augmente point, & ne se diminuë point dans la nature. Or pour faire voir l'insuffisance de cette hypothêse, & pour donner en même tems un modéle de ce qu'il faut observer, pour rechercher & pouvoir découvrir ensuite les différentes causes des effets naturels ; on pourra se servir de l'exemple suivant.

Exemple de ce qu'il faut obſerver pour la recherche des Cauſes naturelles.

ON reconnoît par l'expérience, que ſi on prend deux boules d'ivoire, dont l'une péſe trois fois autant que l'autre, & qu'on les ſuſpende à deux filets de même longueur, enſorte que leurs centres étant â même hauteur, elles ſe touchent ſans s'appuyer l'une ſur l'autre; & qu'ayant élevé la moindre à une certaine hauteur, comme par exemple, à un arc de cercle de vingt degrez, on la laiſſe aller contre l'autre directement; la plus groſſe après le choc s'élévera à la hauteur de dix degrez à peu près, & la petite retournera en arriére à une pareille hauteur de dix degrez: & ſi étant toutes deux à une hauteur de dix degrés, on les laiſſe aller en même tems l'une contre l'autre, en ſorte qu'elles ſe choquent directement avec des viteſſes égales; la plus groſſe demeurera en repos après le choc, & la petite retournera en arriére juſques à la hauteur de vingt degrez à peu près. On demande pourquoi ces mouvemens ſe font de cette ſorte, & comment on peut les expliquer.

Pour y parvenir, il faut commencer par pluſieurs expériences ſur des boules molles de terre glaiſe, de mêmes poids, & de poids différens; & on pourra remarquer que leur enfoncement ſera égal, ſoit qu'elles ſe rencontrent après avoir été élevées toutes deux de part & d'autre à la hauteur de dix degrés, ou qu'une ſeule ait été élevée à vingt degrez: & ſi on ſait ce que *Galilée* à écrit ſur le mouvement accéleré des corps qui tombent, & qu'enſuite on ait connu que la viteſſe qu'un corps acquiert en tombant par un arc de 20 degrez, eſt double, à fort peu près, de la viteſſe qu'il acquiert en tombant par un arc de dix degrés; on pourra juger *qu'il ſe fait un même effort, ſoit qu'un corps avec une certaine viteſſe en rencontre un autre directement, ſoit qu'ils ſe rencontrent ayant chacun la moitié de cette viteſſe*; ce qu'on pourra prendre pour un principe d'expérience, ou loi de nature.

On pourra auſſi remarquer deux autres principes, en faiſant pluſieurs autres expériences avec ces boules molles: ſavoir, que *lors qu'un corps en rencontre directement un autre en repos, & ſe joint à lui, la même quantité de mouvement qu'avoit le premier, eſt dans les deux corps après le choc*; & que *s'ils vont l'un contre l'autre, & que leurs quantités de mouvement ſoient inégales, la moindre ſe perdra entiérement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps n'auront enſemble que la quantité de mouvement reſtante.* Mais il faudra avoir défini auparavant que la quantité de mouvement d'un corps eſt le produit du nombre qui exprime ſon poids, par le nombre qui exprime ſa viteſſe.

Après avoir bien examiné la vérité de ces trois Principes, il faudra ensuite reconnoître que les corps durs, comme l'ivoire, le marbre, le jaspe, le verre, &c. ont une vertu de ressort, comme les balons pleins d'air bien pressé ; c'est à dire, qu'ils s'enfoncent un peu par le choc, & qu'ils reprennent ensuite leur premiére figure, & qu'en la reprenant, ils se repoussent l'un l'autre : ce qu'on pourra juger en laissant tomber d'environ un pié de hauteur, une petite boule de jaspe ou d'acier sur une enclume, ou sur une raquette bien affermie sur une table ou sur un plancher ; car on verra remonter la petite boule à la même hauteur à peu près. D'où l'on pourra tirer ce quatriéme Principe, que *lors qu'un corps inébranlable, & ayant ressort, a été enfoncé par le choc d'un autre, il repousse ce corps par la vertu de son ressort, & lui redonne une vitesse pareille à celle qu'il avoit immédiatement avant le choc.* On pourra encore frotter legérement avec quelque graisse, une petite enclume bien polie & bien trempée, & après l'avoir un peu essuyée avec la main, laisser tomber dessus, de diverses hauteurs, une boule d'ivoire d'environ un pouce & demi de diamétre : car on verra sur l'enclume de petites marques rondes qui paroîtront au grand jour, dont les unes seront plus larges que les autres ; comme, si on laisse tomber cette boule de quatre ou cinq piés de hauteur, la marque aura environ trois lignes de diamétre ; & si elle tombe de trois ou quatre pouces, elle n'aura pas une ligne de diamétre : ce qui fait voir que la boule s'applatit diversement comme un balon, & qu'elle reprend ensuite sa premiére figure, puis qu'elle demeure ronde, & sans enfoncement après le choc ; d'où l'on pourra juger que deux boules d'ivoire ou de verre, &c. s'enfoncent l'une l'autre en se choquant, & qu'elles se repoussent ensuite par leur vertu de ressort.

On pourra encore par le moyen de ce quatriéme Principe en découvrir un cinquiéme, savoir, que *lorsque deux corps se sont mis en ressort en se choquant avec de certaines vitesses, ils prennent en se séparant, chacun une partie de la somme de ces vitesses en proportion réciproque de leurs poids :* c'est à dire, que si l'un pése trois fois plus que l'autre ; en se séparant par l'action de leurs ressorts, le moindre prendra une vitesse triple de celle que prendra le plus pesant.

Tous ces Principes étant bien établis par plusieurs expériences, tant sur les corps à ressort ferme, que sur les autres qui l'ont foible & visible comme les balons, &c. sans qu'aucune y soit contraire ; on pourra juger qu'ils pourront servir à expliquer les effets des boules d'ivoire, dont l'une a son poids triple du poids de l'autre : Savoir, que si elles se choquoient l'une l'autre avec une vitesse de dix degrés, sans considérer leur vertu de ressort ; la plus grande auroit trente de quantité de mouvement avant le choc, savoir le produit de trois de poids par dix de vitesse, & la moindre seulement dix ; & que par le troisiéme Principe ci-dessus, il ne resteroit dans les deux boules jointes en-

femble après le choc que vingt de quantité de mouvement ; & que, par conféquent, leur viteffe commune ne feroit que de cinq degrés, puifque le nombre de la fomme de ces poids eft quatre, & que vingt eft le produit de quatre par cinq. On jugera enfuite, qu'à caufe du reffort elles doivent fe repouffer & s'écarter l'une de l'autre : & que s'étant choquées avec une viteffe totale de vingt degrez, fuivant le premier Principe ci-deffus, puifque chacune avoit une viteffe de dix degrez ; la plus pefante en prendra cinq de ces vingt, & la moins pefante quinze, par le cinquiéme Principe ci-deffus. Et fi on fait les régles des mouvemens compofez, on pourra connoître que la plus groffe, qui fans le reffort s'avanceroit avec une viteffe de cinq degrez, étant repouffée en arriére par le reffort avec une pareille viteffe de cinq degrez, elle doit demeurer en repos, parce que l'un de ces deux mouvemens détruit l'autre ; & que la moindre, qui auroit auffi cinq degrez de viteffe fans le reffort, recevant encore par le reffort quinze degrez de viteffe de même part, elle devra aller avec une viteffe de vingt degrez, par ces mêmes régles des mouvemens compofez. Que fi la petite choque l'autre avec une viteffe de vingt degrez, on pourra juger, que, felon le fecond principe de cet exemple, elles iroient enfemble avec une viteffe de cinq degrez fans le reffort, à caufe qu'il faudroit qu'elles euffent enfemble la même quantité de mouvement que la premiére avoit avant le choc, qui étoit vingt, produit de vingt degrez de viteffe par un de poids, qui eft auffi le produit de quatre de poids par cinq de viteffe : Mais le choc s'étant fait par une viteffe de vingt degrez, la force de leur reffort les fera féparer, en forte que la plus groffe prendra encore une viteffe de cinq degrez par le cinquiéme Principe, qui étant jointe à la premiére de cinq degrez, fa viteffe entiére devra être de dix degrez : & la petite, qui s'avançoit avec une viteffe de cinq degrez, étant repouffée en arriére par le reffort avec une viteffe de quinze degrez ; il lui doit refter feulement une viteffe de dix degrez par les régles des mouvemens compofez. Ainfi l'on pourra connoître, que ces cinq Principes, & ceux qui fervent à expliquer les mouvemens compofez, pourront fervir à expliquer ces effets & beaucoup d'autres dans les boules qui feront égales en poids & en viteffes, ou qui auront des proportions différentes tant à l'égard des poids que des viteffes ; qu'on ne peut les bien expliquer fans avoir la connoiffance de ces Principes ; & qu'on ne peut l'acquérir qu'après avoir fait plufieurs expériences. De là on pourra juger que l'hypothêfe de la quantité de mouvement qui ne fe perd point & ne s'augmente point, eft infuffifante pour rendre raifon de tout ce qui arrive dans le choc des corps, & qu'elle eft même fauffe dans les deux expériences ci-deffus ; puis qu'en la premiére, la quantité de mouvement diminuë de moitié après le choc ; & qu'en la deuxiéme, elle augmente de moitié.

Il faut donc prendre garde de ne point tomber en ces défauts, & particulié-

ticuliérement de ne pas prendre de faux principes en cherchant trop curieusement les causes des effets naturels : car enfin, il vaut bien mieux se contenter d'une belle & ample histoire des principaux effets de la nature, connus par des expériences certaines ; quoiqu'on n'en sache pas toutes les causes, que de perdre son tems à vouloir établir de fausses hypothêses pour tâcher d'expliquer les plus difficiles, comme le ressort des corps, la vertu de l'aimant, &c. & faire ensuite une infinité de faux raisonnemens, qui empêchent l'avancement de la Physique. Ainsi les Médecins pourront se contenter de savoir qu'un tel reméde est propre à guérir d'un tel mal ; ou du moins qu'un tel reméde venu d'un tel païs, guérit ordinairement d'un tel mal, un homme d'un tel tempérament. Mais il faut avoir une connoissance exacte de ces expériences, & les avoir trouvées très-souvent véritables à point nommé : c'est ce qu'on pourra appeller Médecine expérimentale, & dont on pourra se servir jusques à ce qu'on ait découvert les véritables causes des maladies & des effets des remédes ; mais on n'a pas droit d'appeller Médecine méthodique & fondée sur le raisonnement, celle qui est appuyée sur de faux principes, & sur une longue suite de conséquences tirées de ces faux principes. Suivant donc cette méthode, on fera plusieurs diverses expériences, & on en examinera exactement toutes les apparences, pour ne point établir une fausse hypothêse, ou pour corriger celles qui sont reçuës pour vraiës, si elles ne le sont pas. Ainsi, pour établir une hypothêse assurée, qui pût servir à rendre raison des vents, & à les prédire ; il faudroit que diverses personnes en diverses Provinces, peu & beaucoup éloignées, eussent fait des observations en même tems, pour connoître où ils commencent, & où ils finissent ; si un même vent régne en même tems en toute la surface de la Zone torride, ou non ; si un vent Nort & Sud continuë cette route par un long espace, & de quelle largeur est cet espace, &c. desquelles observations on examinera la vérité par les propositions 51. & 52.

De même, pour trouver la cause du flux & du reflux de la mer, il faudroit avoir l'histoire de plusieurs observations exactement faites en diverses Côtes, pour savoir s'il se fait en même tems aux Côtes opposées de l'*Afrique* & de l'*Amérique*, ou successivement ; si aux Côtes qui sont de part & d'autre de l'Isthme de *Panama*, la mer s'éléve à la même heure, ou non ; si elle s'éléve plus auprès des Poles, qu'auprès de la Ligne Equinoctiale ; si le cours des marées, qui vont de l'Orient à l'Occident proche les Iles des *Antilles*, ne procéde pas de la réflexion que les eaux font contre les Côtes de l'*Afrique*, passant de la mer du Sud en la mer du Nord, &c. Mais, il faut un grand nombre de ces observations ; & deux ou trois ne suffisent pas pour fonder une hypothêse, & pour la faire recevoir, notamment lors qu'il n'y a aucune analogie, ou aucune autre marque d'une chose semblable dans la Nature.

Pour

Pour savoir si c'est le poids de l'air qui fait qu'on a peine à séparer deux surfaces de marbre ou de verre planes & polies, qui se touchent exactement ; ou si c'est un mouvement, ou pente naturelle qu'ont tous les corps sublunaires de se tenir joints les uns aux autres ; ou quelque autre cause : on pourra suspendre sous un grand verre cilindrique renversé deux petits miroirs d'acier ainsi joints, & ayant ôté à peu près tout l'air qui est sous le verre par le moyen de la machine qu'on appelle machine pour faire le vuide ; si les miroirs se séparent aussi difficilement dans cet air dilaté que dans l'air ordinaire, on n'attribuëra pas au seul poids de l'air ou à son ressort, cette jonction de ces surfaces de marbre.

Pour bien parler des Métaux, des Minéraux & des autres mixtes de la terre, il faut faire aussi plusieurs expériences, en les fondant, calcinant, distillant, &c. sur lesquelles expériences on pourra établir des hypothêses & des principes, ou loix de la nature, qui pourront servir à expliquer leurs effets & leurs causes, &c. On en usera aussi de même pour chercher les causes de la grêle, de la pluië, du tonnerre, & des autres effets semblables.

Pour savoir les raisons pourquoi beaucoup de fleurs, comme les tulippes, le souci, &c. se tournent vers le Soleil ; on pourra remarquer que ce qui est échauffé se desseiche, & ensuite se retressit ; & supposant la figure ABCD pour la tige de la fleur, on jugera que la partie BD étant échauffée, elle se doit retressir comme en EF. Or si la tige demeuroit droite, il faudroit que AB s'allongeât comme en AE, & CD en CF ; ce qui seroit fort difficile, & feroit rompre ou séparer les fibres de la tige. Il reste donc que la tige se courbe en circonférence, comme en la figure *a b c d* ; car en ce cas, BD pourra être moindre que AC sans un grand effort, & sans que AB & CD s'allongent, puisque les circonférences des cercles intérieurs sont moindres que celles des extérieurs qui ont un même centre : & ceux qui sauront cette raison, la pourront donner, & confirmer cette hypothêse par l'expérience de beaucoup de choses qu'on approche du feu, qui se courbent du côté qu'elles sont échauffées.

TAB. XXV. Fig. 7.

Si on demande pourquoi le bleu & le verd sont difficiles à discerner de nuit à la chandelle ; on pourra remarquer, que lors qu'un peintre mêle du bleu avec du jaune, il s'en fait une couleur verte ; & ensuite on pourra tirer la conséquence, que la flamme de la chandelle étant jaunâtre, & mêlant la couleur de sa lumiére avec celle de l'objet qui paroît bleu de jour, il paroitra verd la nuit à cette flamme : comme aussi, si on regarde une fleur jaune à une lumiére bleuë, telle que celle du souphre, ou de l'esprit de vin ; elle paroitra verte. On pourra même tirer des conséquences d'une chose à une autre à peu près semblable, suivant le Principe quarante-septiéme : comme, si on a remarqué qu'un arbre ayant perdu une partie de son écorce par où coule

la

la séve qui le nourrit, se recouvre plutôt, & se rétablit en moins de tems, lors qu'on met de la bonne terre près de ces racines, & qu'on l'arrose souvent; on pourra tirer cette conséquence, que pour guérir promptement un homme blessé, il ne faut pas lui soustraire les alimens, & le faire jeûner.

Il est bon de remarquer, que dans les Sciences qui sont mêlées de Mathématique & de Physique, comme l'Optique, la Méchanique, &c. on doit toujours se servir de quelques principes d'expérience. Ainsi dans l'Optique, il faut nécessairement employer ces trois principes d'expérience: savoir; *que les rayons de lumiére s'étendent en lignes droites par un même milieu; que passant d'un milieu en un autre de différente transparence, ils se rompent; & que l'angle de leur reflexion sur une surface polie, est égal à celui de leur incidence.* Mais ceux qui voudront entreprendre de rendre raison des effets naturels, sans faire auparavant plusieurs expériences, ou sans avoir appris celles des autres, & avoir remarqué par ce moyen plusieurs Régles de la Nature; tomberont souvent en erreur, ou en l'impossibilité de bien expliquer ces effets: au lieu que ceux qui sauront beaucoup de ces Principes, parviendront souvent à la connoissance de beaucoup de vérités obscures & difficiles, & en tireront des conséquences pour l'exécution de plusieurs Problêmes très-utiles.

ARTICLE III.

Des Principes des Propositions Morales.

Il y a des Principes de diverses sortes qui peuvent servir à la preuve des Propositions morales; car les vérités intellectuelles & les sensibles y peuvent être employées: Comme, lors qu'il s'agit de faire le choix entre deux biens, & qu'on veut connoître si les possibilités de l'un surpassent les possibilités de l'autre, &c. il faut nécessairement se servir des Régles de la science des nombres; & si l'on veut savoir ce que le cœur & le cerveau contribuënt aux passions & aux mœurs des hommes, il faut avoir une connoissance exacte de la structure, & des fonctions de ces parties.

Les Principes qui concernent particuliérement la Morale, sont de deux sortes. Les uns prescrivent ce qu'on doit faire; comme,

Il ne faut pas faire à autrui, ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fit.

Il faut donner un droit égal à ceux qui sont égaux.

Il faut établir les loix pour l'utilité de ceux qui s'en doivent servir.

Les autres ont pour sujet les mœurs & les inclinations des hommes; comme,

Nous sommes curieux d'apprendre ce que nous ignorons.

Nous haïssons ceux qui nous contredisent.

Les plus forts usent le moins de précaution.

Ceux de la premiére sorte ont pour Principe général cette Proposition, *Il faut faire ce qui est le mieux*; & l'on prouve qu'une chose est meilleure qu'une autre, lors qu'on fait voir qu'il en arrive plus de bien, & moins de mal; de laquelle preuve on pourra trouver les principes en examinant & considérant les liaisons & conséquences des choses que l'on compare ensemble, & on les examinera par le principe 96, &c. & par la définition qui le précéde.

Les Principes de la seconde sorte se prouvent par induction & expérience: Mais on trouve quelquefois des expériences contraires; ainsi il peut arriver qu'on ne se soucie pas d'apprendre quelque chose particuliére qu'on ignore, & qu'un plus fort use de précaution.

On peut mettre au nombre de ces deux sortes de Principes, la plupart des proverbes, entre lesquels on en pourra aussi trouver qui seront opposez l'un à l'autre, à cause des diverses conjonctures, & des différentes suites des biens & des maux.

On se sert de ces Principes, ou pour régler la conduite de chaque particulier, & alors on les appelle Principes de Morale; ou pour régler ce qui concerne le public, & en ce cas on les appelle Principes ou maximes de politique: mais souvent on confond la signification de ces noms.

Il faut s'étudier à savoir beaucoup de ces Principes; car ceux qui en sauront le plus, pourront mieux prouver & prévoir les événemens, & resoudre les questions de Morale. Ainsi ceux qui sauront que la plupart des hommes suivent ordinairement le devoir naturel, & se soucient peu du devoir de convenance, pourront prouver que dans un Etat où il n'y a point de punition établie pour l'injustice des Juges, ils rendront souvent des jugemens injustes, en faisant voir qu'en beaucoup d'occasions il leur paroitra plus avantageux de juger injustement, que de juger selon les loix établies.

Les mœurs des hommes sont si différentes, & les événemens des choses sont si incertains, & leurs circonstances si peu semblables, qu'il est presque impossible de pouvoir rien conclure d'assuré dans la plupart des questions de Morale & de Politique: Comme, si on propose de savoir lequel est le meilleur pour appaiser une sédition, d'employer la clémence ou la rigueur; on trouvera plusieurs avantages & plusieurs inconvéniens de part & d'autre, qui paroitront plus ou moins considérables, selon les différens sentimens des personnes qui voudront les examiner; on pourra même ignorer quelques-uns de ces avantages, & de ces inconveniens: d'où il s'ensuit, qu'on ne pourra se servir avec certitude du Principe 96. pour la résolution de cette question, & que tous les raisonnemens qu'on y fera, ne seront que vrai-semblables. On trouvera de semblables difficultés dans beaucoup d'autres questions de cette na-

nature. Et on peut s'étonner avec raiſon de ce que *Socrate* étant rebuté de l'étude des choſes naturelles, crût trouver mieux ſon compte dans l'étude de la Morale: puiſque les concluſions en ſont encore moins certaines ; & que ſi la Phyſique eſt difficile à cauſe qu'il faut ſouvent chercher pluſieurs cauſes pour expliquer un effet naturel, la Morale le doit être encore davantage, par le grand nombre des choſes qu'il faut ſouvent conſidérer pour bien juger de ce que nous devons ſuivre ou éviter.

Voici quelques Régles dont on pourra ſe ſervir.

S'il s'agit du choix d'un bien ou d'un mal, on pourra employer les principes 83, 84, 85, &c. & l'on examinera la probabilité des événemens par les 44, & 45, ou par d'autres qu'on jugera pouvoir ſervir, ſoit intellectuels ou d'expérience.

Il faut prendre garde, ſuivant le Principe 97, de ne ſe point tromper en conſidérant la grandeur des choſes ; au lieu de conſidérer les avantages & les commodités qui nous en reviennent. Comme, ſi un homme a vingt mille écus de bien, & qu'on lui propoſe de les joüer en un ſeul coup contre 100000 écus ; quelques-uns pourroient croire qu'il auroit de l'avantage à le faire, ſelon la proportion de 5 à 1. Mais en ces cas, il ne faut pas conſidérer la quantité phyſique & réelle des choſes ; mais il les faut conſidérer moralement, c'eſt à dire ſelon la grandeur des avantages, ou des incommodités que nous en recevons. Or, 20000 écus ſuffiſent pour faire vivre un homme à ſon aiſe, & 100000 écus de plus n'augmentent ſon bon-heur, qu'à peu près, comme de 3 à 2, ou de 3 à 1. Mais, s'il perd ſes 20000 écus, il tombe dans la miſére & dans une pauvreté entiére ; & la proportion d'avoir du bien ſuffiſamment pour vivre à ſon aiſe, ou de n'avoir rien du tout, eſt une proportion preſque infinie, ou comme 100000 à 1. D'où l'on pourra juger, qu'il ne doit pas joüer ſes 20000 écus contre 100000 en un ſeul coup ; mais bien 20 écus contre 100. On ſe ſervira de ces diverſes régles de proportion, comme de principes certains pour prouver des cas ſemblables.

La convenance eſt une des cauſes de nos actions, & nous les réglons quelquefois par les ſeuls principes qui en dépendent: & même nous jugeons preſque toujours de la bonté des actions d'autrui, & de l'eſtime qu'il en faut faire, par ces ſeuls principes, & rarement par ceux du devoir naturel, quand il n'eſt pas joint à celui de convenance ; à cauſe que nous ne reſſentons pas les plaiſirs que les autres reçoivent d'une action qui leur plaît, & que par cette raiſon nous n'en conſidérons que la difformité ou la convenance : Mais chaque particulier régle ordinairement ſes actions par le devoir naturel, & il y en a peu à qui la convenance ſeule paroiſſe le plus grand de tous les biens. On pourra employer l'une ou l'autre de ces ſortes de principes, ou toutes les deux, ſelon la connoiſſance qu'on aura des inclinations de ceux qu'on veut per-

persuader : & si on a connu par les Histoires ou autrement, que les plus grands maux qui arrivent aux hommes, procédent des violences & des injustices qu'ils se font les uns aux autres ; on pourra juger que pour les rendre suffisamment heureux, il faut faire ensorte que le devoir naturel ne puisse être séparé de celui de convenance, ou du moins très-rarement, en établissant des loix qui puissent empêcher par les grandes punitions qu'elles ordonneront, qu'on ne recherche aucun bien de ceux qui ne se peuvent obtenir qu'en faisant un mal considérable à un autre.

Il y a beaucoup de questions de Morale & de Politique, qu'on ne peut resoudre que par une longue suite de propositions prouvées : & alors il faudra suivre la même méthode dont on se sert dans les Sciences intellectuelles ; c'est à dire, qu'il faudra chercher les différens principes qui pourront y servir, & prévoir quelles seront les propositions qu'il faudra prouver avant que de pouvoir resoudre la question ; & on mettra ces principes & ces propositions par ordre pour les citer selon cet ordre, quand on voudra faire la preuve.

Pour les Problêmes de Morale, qui ne sont autre cho que trouver les moyens pour obtenir quelque bien, ou pour éviter quelque mal, il faut chercher les principes intellectuels & sensibles, & les propositions morales qui y peuvent servir. Mais les événemens ne peuvent être prouvez infaillibles : car les moindres circonstances différentes les peuvent changer ; & dans le détail nous ne pouvons savoir que très-difficilement, si ceux à qui nous avons à faire, ont les mœurs semblables à ceux dont nous avons eu la connoissance, soit par nous-mêmes, soit par les Histoires : On pourra seulement inférer vrai-semblablement par les actions passées des hommes, ce qu'ils pourront faire en une conjoncture semblable, selon le principe dix-huitiéme. Que si l'on veut tâcher de deviner le secret d'une action, comme de savoir les desseins qu'on a contre nous, &c. il faut supposer un Systême, & voir si toutes les apparences y conviennent selon la Proposition cinquante-deuxiéme.

Et généralement en toutes sortes de Propositions, soit intellectuelles, sensibles, ou morales, il faut pour trouver les principes & pour les prouver, considérer ce pour quoi, ou par quoi une chose est, ou peut être connuë telle qu'on la propose, ou le bien pour lequel elle doit être faite. Ainsi, pour prouver qu'il faut suivre la vertu, il faut chercher quels sont les avantages qu'elle apporte aux hommes ; & pour prouver qu'un homme est raisonnable, il faut chercher ce qui le rend raisonnable, ou le fait appeller raisonnable : & ce qu'on aura trouvé, servira de terme de connexité, par le moyen duquel on fera la preuve, comme il sera montré dans le troisiéme Discours.

TROISIÉME DISCOURS.

De la Méthode pour faire les Argumens, & les mettre en ordre pour servir à la preuve de quelques propositions douteuses, ou à l'établissement de quelque Science.

APrès avoir trouvé les principes & les propositions prouvées, qu'on a jugé pouvoir servir à la preuve des propositions douteuses; on les employe pour former les propositions des Argumens.

Les Argumens sont ordinairement composez de trois propositions, dont la derniére est celle qui est à prouver, qui s'appelle la Conclusion; les deux autres sont celles où se trouve le terme moyen, qu'on appelle autrement terme de connexité, qui les lie avec la conclusion.

La proposition dans laquelle le terme de connexité se trouve avec l'attribut de la conclusion, s'appelle la Majeure, ou la plus grande Proposition de l'Argument; & celle où il se trouve avec le sujet de la conclusion, s'appelle la Mineure ou la moindre Proposition.

Par exemple, pour faire un Argument par lequel on puisse prouver que la Science est désirable: ayant trouvé & choisi par les régles contenuës dans le second Discours, *l'utilité*, pour être le terme de connexité, parce que c'est une des causes qui doit faire désirer la Science; on lui joindra l'attribut de la Conclusion pour faire la Majeure, en cette sorte, *Tout ce qui est utile est désirable*; ensuite on lui joindra le sujet pour faire la Mineure, *la science est utile*; d'où l'on tirera la Conclusion, *donc la science est désirable.*

Il est indifférent que la Majeure soit énoncée la premiére; car cet Argument qui suit, est aussi bon que l'autre.

La science est utile.
Tout ce qui est utile, est désirable.
Donc la science est desirable.

Même dans l'ardeur du raisonnement, il est plus naturel de faire l'Argument en cette derniére maniére.

Que si la proposition à prouver est négative, comme, *le vice ne doit pas être aimé*; ayant pris pour terme de connexité, qu'il apporte du deshonneur, on fera l'Argument en cette sorte.

Ce qui apporte du deshonneur, ne doit pas être aimé.
Le vice apporte du deshonneur.
Donc le vice ne doit pas être aimé.

Lorsque l'une des deux premiéres propositions, ou toutes les deux ne

ne ſont pas des vérités premiéres ; il faut les prouver par d'autres, & celles-ci par d'autres, juſques à ce qu'on ſoit arrivé aux vérités premiéres ; ou bien commencer par celles qui ſont immédiatement compriſes ſous les vérités premiéres, & continuër juſques à celles qui ſont à prouver.

Quand les principes pour prouver, ne ſont que de vrai-ſemblance, ſuivant les principes 44, 45, 46, &c. les conſéquences ne ſeront auſſi que vrai-ſemblables : *Ariſtote* appelle Enthymêmes ces Argumens de vrai-ſemblance.

EXEMPLE D'ENTHYMEME.

Les méres aiment ordinairement leurs enfans.
Celle-ci eſt mére.
Donc elle aime ſon enfant.

La plupart des Logiciens appellent Enthymêmes les Argumens de deux propoſitions, parce qu'on donne ordinairement pour exemple d'Enthymême cet Argument de deux propoſitions.

Celle-ci eſt Mére.
Donc elle aime ſon enfant.

Ce n'eſt pas néanmoins par le nombre des propoſitions qu'*Ariſtote* définit l'Enthymême, mais par leur probabilité, & lors qu'elles ne ſont fondées que ſur des ſignes.

D'où il s'enſuit, qu'on ne doit pas appeller *Enthymême* cet Argument de deux propoſitions, *ce Triangle eſt Iſoſcéle, donc les deux angles ſur ſa baſe ſont égaux* ; puiſque cette concluſion eſt néceſſaire & infaillible.

C'eſt une choſe fort peu utile d'enſeigner de combien de ſortes d'Argumens on peut faire : car cela n'aide de rien à inventer les preuves, n'y à faire de bons Argumens ; non plus que de ſavoir combien il y a de figures qui ſervent à orner un diſcours, ne contribuë guére à l'éloquence d'un Orateur. Voici ce qu'on en peut dire de plus important, & qui a été fondé ſur les remarques que quelques-uns ont faites de pluſieurs ſortes de bons Argumens.

Il y a pluſieurs figures d'Argumens, & pluſieurs modes ou façons en chaque figure. Les figures ſont diſtinguées par les diverſes ſituations du terme moyen, ou de connexité, dans les deux premiéres propoſitions de l'Argument. Si ce terme eſt le ſujet en la Majeure, & l'attribut en la Mineure, c'eſt une figure qu'on appellera, ſi l'on veut, la premiére, parce que c'eſt la plus ordinaire.

EXEMPLE.

Tout animal eſt vivant.

Tout homme eſt animal.
Donc tout homme eſt vivant.

S'il eſt l'attribut dans les deux premiéres propoſitions, ce ſera la ſeconde figure.

EXEMPLE.

Nulle pierre n'eſt ſenſible.
Tout homme eſt ſenſible.
Donc nul homme n'eſt une pierre.

S'il eſt le ſujet dans l'une & dans l'autre, ce ſera la troiſiéme figure.

EXEMPLE.

Les mouches volent.
Les mouches ſont des animaux ſans plumes.
Donc il y a des animaux ſans plumes qui volent.

Enfin s'il eſt l'attribut en la Majeure, & l'attribut en la Mineure, ce ſera la quatriéme figure.

EXEMPLE.

Nul eſclave n'eſt libre.
Quelque libre eſt miſerable.
Donc quelque miſérable n'eſt pas eſclave.

On peut ici remarquer qu'*Ariſtote* & la plupart de ſes ſectateurs, qui accablent les Lecteurs du grand nombre de leurs régles de Logique, n'ont point parlé de cette quatriéme figure.

Pour les modes ou façons de chaque figure, leur diverſité procéde de l'affirmation ou négation, & de l'univerſalité ou particularité des propoſitions de l'Argument; car toute propoſition eſt ou particuliére affirmative ou particuliére négative, ou univerſelle affirmative ou univerſelle négative; & dans ce ſens, cet Argument de la premiére figure,

Tout animal eſt vivant,
Tout homme eſt animal, &c.

eſt d'un autre mode que celui-ci de la même figure.

Nulle choſe ſenſible n'eſt une pierre.
Tout homme eſt ſenſible.
Donc nul homme n'eſt une pierre.

La plupart des Logiciens donnent de certaines régles pour ces figures & pour ces modes : comme celles-ci ; que les propoſitions négatives ſe prouvent plus facilement par la ſeconde figure que par les autres; que dans les argumens de la premiére figure la mineure ne doit point être

être négative ; que dans ceux de la ſeconde, l'une des deux premiéres propoſitions doit être négative ; &c. Mais ces régles ne ſont nullement néceſſaires, ni pour bien faire les argumens, ni pour prouver leur bonté, ce qui eſt manifeſte ; car quand on cherche un terme de connexité pour prouver quelque queſtion, on ne ſe met point en peine (ou du moins très-rarement) de quelle figure ou de quel mode ſera l'argument : On ne peut auſſi être aſſuré de la bonté de ces régles, ſi elles ne ſont prouvées ; & cette preuve ne pouvant être faite que par des argumens, il s'enſuit que la bonté des argumens qui prouvent la bonté de ces régles peut être connuë ſans elles, puis qu'elles ne ſont pas encore établies. Il eſt vrai qu'après qu'on a fait des argumens de pluſieurs ſortes, & qu'on a connu leur bonté par la faculté naturelle que nous avons de connoître la connexité des propoſitions, comme il a été dit dans le Principe quatriéme ; on peut conſidérer enſuite les différentes maniéres & propriétez de ces argumens, & les diſpoſitions des termes des propoſitions, &c. pour en faire des remarques & des régles. Mais la connoiſſance de ces régles & de leurs démonſtrations eſt une ſcience particuliére qu'on peut négliger, non ſeulement parce qu'elle eſt très-difficile à apprendre, mais parce qu'elle eſt inutile pour les autres ſciences ; étant plus ſûr & plus facile de conſidérer avec un peu d'attention les connexitez des propoſitions qu'on employe à une preuve de Géométrie ou de Phyſique, que de les examiner par des régles, dont on aura peine à ſe ſouvenir, & qui d'ordinaire ſont inconnuës à ceux à qui on parle.

C'eſt encore une choſe fort peu utile, de remarquer toutes les propriétez des propoſitions & de leurs termes : comme, qu'il y a des propoſitions néceſſaires, contingentes, conditionnelles, modales, &c ; qu'il y a des termes ſimples, complexes, connotatifs, &c. Car, quelque ſoin qu'on y apporte, il eſt preſque impoſſible de remarquer toutes leurs différences ; & ces remarques ne font pas qu'on prouve mieux ce qu'on veut prouver, ni qu'on diſcerne mieux la connexité des propoſitions : c'eſt pourquoi on s'eſt diſpenſé d'en parler ici, & on a crû que les obſervations ſuivantes pourroient ſuffire.

Il y a de deux ſortes de preuves, l'une s'appelle directe, & l'autre indirecte.

La preuve directe montre qu'une propoſition eſt vraïë, parce qu'elle eſt compriſe ſous des véritez certaines, & a de la connexité avec elles.

La preuve indirecte montre qu'une propoſition eſt vraïë, parce que ſa contraire ou négative eſt fauſſe ; ou qu'une propoſition eſt fauſſe, parce qu'en la ſuppoſant vraïë, il ſuit une abſurdité, c'eſt à dire une fauſſeté évidente : on l'appelle autrement preuve par ſuppoſition de faux, ou preuve par l'abſurde. La quatriéme Propoſition d'*Euclide* & la cinquiéme ſont prouvées par des preuves directes : la ſixiéme eſt prou-

prouvée par une preuve indirecte, en ſuppoſant qu'une ligne qui eſt égale à une autre eſt plus grande, & faiſant voir que de cette ſuppoſition il ſuivroit une fauſſeté premiére, ſavoir qu'une partie d'un tout feroit égale à ce tout.

EXEMPLE DE PREUVE DIRECTE.

Un aſtre ne luit pas par ſa propre lumiére, lors qu'un corps opaque étant interpoſé entre lui & le Soleil, il s'obſcurcit.
La Lune s'obſcurcit lors que la terre eſt interpoſée entre elle & le Soleil.
Donc la Lune ne luit pas par ſa propre lumiére.

EXEMPLE DE PREUVE INDIRECTE POUR PROUVER QU'UN HOMME N'EST PAS UNE PIERRE.

Un homme eſt une pierre (par ſuppoſition)
Toutes les pierres ſont inſenſibles,
Donc un homme eſt inſenſible; ce qui eſt faux & abſurde: & par conſéquent il eſt vrai qu'un homme n'eſt pas une pierre.

Lors que les propoſitions douteuſes ſont peu éloignées des principes, la preuve en eſt aſſez facile.

EXEMPLE.

Ce qui a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même, eſt vivant.
Un homme a du ſentiment & du mouvement de ſoi même.
Donc un homme eſt vivant.

Si on nie la majeure, il eſt évident que la queſtion eſt du nom, & que c'eſt la définition qu'on nie, c'eſt à dire que ce qui a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même ne doit pas être appellé vivant; & alors il faut le prouver par induction, en le faiſant dire à pluſieurs hommes, & c'eſt le principe ſenſible de cette définition, comme il a été dit dans le ſecond Diſcours.

Si on nie la mineure, on la prouve encore par induction & expérience, ſelon le principe neuviéme, en voyant marcher un homme, & en lui faiſant quelque douleur, dont il paroiſſe avoir le ſentiment. Or ces ſortes de propoſitions, qui ſont immédiatement compriſes ſous leurs principes, ſe peuvent ſouvent prouver par un ſeul argument. Mais, ſi on veut prouver une propoſition éloignée de ſes principes, comme celle-ci, *un homme eſt compoſé des mêmes Elemens qu'un arbre*; il en faut beaucoup davantage: & même en quelques propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique, quoiqu'elles ſoient immédiatement compriſes ſous leurs principes, ou qu'elles en ſoient peu éloignées, il faut employer pluſieurs argumens. Nous prendrons pour exemple la conſtruction

& la preuve du Problême du triangle équilateral, dont l'Analyſe a été enſeignée dans le deuxiéme Diſcours.

Conſtruction & Démonſtration du triangle Equilateral.

TAB. XXV. Fig. 4. SOit la ligne AB, ſur laquelle on doit conſtruire un triangle équilateral. Du centre A, & de l'intervalle AB, ſoit décrit le cercle ECBE; & du centre B, & du même intervalle, ſoit décrit le cercle ACDA, coupant le premier cercle au point C; & ſoient tirées les lignes droites CA, CB: Je dis que le triangle ACB eſt équilateral; c'eſt à dire, que les trois côtés AB, BC, CA, ſont égaux entr'eux.

PREMIER ARGUMENT.

Les lignes qui viennent d'un même centre à une même circonférence d'un cercle, ſont égales entr'elles.
Les lignes AC, AB, *viennent d'un même centre* A, *à une même circonférence* BCE.
Donc elles ſont égales entr'elles.

On fait encore un ſemblable argument pour prouver que les lignes BC, BA, ſont égales entr'elles; enſuite on fait celui-ci.

Les choſes égales à une autre, ſont égales entr'elles.
Les lignes AC, BC, *ſont égales à* AB.
Donc elles ſont égales entr'elles.

Il faut encore prouver les Propoſitions des deux premiers argumens, par la définition & par la poſſibilité de la conſtruction des cercles.

Il faut faire encore cet argument.

Un triangle Equilateral eſt celui qui a ſes trois côtés égaux entr'eux.
Les trois côtés du triangle ABC *ſont égaux entr'eux, comme il a été prouvé.*
Dont il eſt équilateral.

Il faut encore prouver cette définition par induction, ou de lecture, ou de témoignage de pluſieurs Géométres.

Par cet exemple on voit, que puis qu'il faut cinq ou ſix argumens pour prouver une propoſition de Géométrie peu éloignée des principes, il en faudroit un nombre exceſſif pour prouver les propoſitions qui en ſeroient beaucoup éloignées; & que cette méthode de ſe ſervir d'argumens complets de trois propoſitions, pour leur preuve, dans laquelle on eſt obligé d'uſer ſouvent de redites, ſeroit ennuyeuſe & difficile, & feroit de la confuſion dans l'eſprit. C'eſt pourquoi les Géométres ont mis en uſage une autre méthode plus commode, qui eſt de faire des raiſonnemens continus, ſans diſtinguer les argumens. En voici la maniére.

On commence par la preuve des Propoſitions qui ſont immédiatement

ment comprifes fous les principes, & qu'on prévoit être néceffaires pour la preuve des autres ; fans obferver exactement que les argumens foient de trois propofitions, pourvû qu'on faffe comprendre fuffifamment les connexitez. Et enfuite au lieu de répéter les premiers argumens, on allégue feulement les conclufions, c'eft à dire, les propofitions prouvées, lefquelles doivent être mifes par ordre pour les citer felon cet ordre. C'eft ce qu'on obferve dans les démonftrations de Géométrie & d'Arithmétique, & il fuffit qu'on fe fouvienne que les premiéres ont été bien prouvées, encore qu'on n'en conçoive plus la preuve.

Il vaut mieux commencer par les premiéres propofitions, & continuër jufques à celle qui eft à prouver, en citant celles qui font connuës, que de commencer par l'inconnuë, & aller de fuite en fuite jufques aux principes, en citant des propofitions inconnuës : Voici des exemples de cette méthode.

Preuve de la Propofition du Triangle équilateral par citation.

D'Autant que lignes AB, AC, font tirées d'un même centre A, à une même circonférence ECB, elles font égales par la définition du cercle. Par la même raifon BC, BA, feront égales entr'elles. Et parce que AC, CB, font toutes deux égales à AB, elles feront égales entr'elles, par le Principe, *les chofes égales à une autre, font égales entr'elles.* Donc felon la définition du triangle équilateral, ACB eft un triangle équilateral ; ce qui étoit à prouver.

On voit par cette preuve, que la méthode par des raifonnemens continus en citant les propofitions, eft beaucoup moins longue que celle par des argumens complets, & que les connexités en font auffi faciles à voir.

Les grands Géométres fe difpenfent fouvent de citer les propofitions prouvées par *Euclide*, ou par d'autres Auteurs célébres ; mais ils les énoncent feulement, lors qu'ils parlent à d'autres grands Géométres.

Il eft à remarquer que quelques Philofophes ont foutenu qu'on ne pouvoit rien prouver par des argumens, parce que la conclufion étant contenuë dans les deux premiéres Propofitions, c'étoit une identité de preuve, c'eft à dire qu'on prouvoit une propofition par elle-même. Mais, on peut répondre que cette identité eft toujours un peu obfcure, même dans les démonftrations où il n'y a qu'un argument ; & que lors qu'il y en a plufieurs, ou qu'il y a une longue fuite de conféquences continuës, on la comprend difficilement. Par exemple, il eft affez facile de concevoir que 2 fois 2, & 2 fois 3, font la même chofe que 2 fois 5 ; & que 3 fois 2, & 3 fois 3, font la même chofe que 3 fois 5 ; & que 2 fois 5, & 3 fois 5, font la même chofe que 5 fois 5 ; quoiqu'il y faille un peu d'attention. Mais, la conféquence, que 2 fois 2,

& 2 fois 3, & 3 fois 2, & 3 fois 3, pris ensemble, soient la même chose que 5 fois 5; ou, pour l'exprimer autrement, que si un nombre comme 5 est divisé en deux parties, le quarré du nombre entier est égal aux quarrez des deux parties, & à deux fois leur produit: c'est ce que la plupart des esprits ont peine à comprendre, & il faut quelque méthode pour y parvenir. Comme, si on nomme 2 fois 2 A, & 2 fois 3 B, égaux ensemble à 2 fois 5; & 3 fois 2 C, & 3 fois 3 D, égaux ensemble à 3 fois 5: on pourra se souvenir que A & B ensemble, & C & D ensemble, ont été prouvez égaux à 2 fois 5, & à 3 fois 5. Si donc on conçoit que 2 fois 5, & 3 fois 5, pris ensemble, soient égaux à 5 fois 5; on pourra aussi concevoir que 5 fois 5 sera égal aux quatre nombres A, B, C, D, pris ensemble: d'où il suit que les argumens sont nécessaires pour les preuves, quoiqu'on sache les principes sur lesquels on les doit fonder.

Lors qu'il y a un grand nombre de connexités à concevoir, il faut de nécessité que la mémoire supplée au défaut de la conception: car nous ne pouvons concevoir en même tems les connexités de plusieurs propositions de suite, par exemple, celles de toutes les propositions qu'*Archiméde* a employées, pour démontrer la proportion de la Sphére & du Cylindre; mais seulement on peut se souvenir d'avoir trouvé ces propositions véritables les unes après les autres.

Lorsque les propositions sensibles douteuses sont éloignées des principes d'expérience, & des autres propositions qui peuvent servir à les prouver; il faut prouver les derniéres par la citation des premiéres, de la même maniére qu'on prouve celles de Géométrie & d'Arithmétique. Mais les expériences sur lesquelles sont fondées les Principes ou Régles de la nature, ne peuvent être mises sur le papier, comme on y met les lignes & les figures de Géométrie; & on a souvent beaucoup de peine à concevoir comme elles ont été faites: même il y en a, qu'un seul homme ne peut faire; comme, d'observer quels vents régnent en même tems dans la *France* & dans la *Pologne*; si le flux & reflux de la mer se fait à la même heure aux côtes d'*Espagne* & de l'*Amérique*.

Voici ce qu'on pourra observer.

Il faut enseigner de quelle sorte on a fait les expériences, avec quelles personnes, avec quelle exactitude, de quels instrumens on s'est servi, &c. & écrire ces expériences par ordre, selon lequel ordre on les alléguera pour la preuve; on y ajoutera des figures, si les expériences sont difficiles à comprendre. Mais ces principes d'expérience ne seront principes qu'à ceux qui auront fait les mêmes observations; & seront seulement vrai-semblables aux autres, étant examinées selon les Propositions 51, & 52.

Exem-

Exemple pour prouver un Principe d'Expérience.

PRINCIPE D'EXPERIENCE.

LEs Rayons paſſant de l'air dans l'eau ſe rompent, & leur inflexion ſe fait du côté de la ligne perpendiculaire qui paſſe par le point d'incidence.

DÉMONSTRATION.

SOit AB, une ligne droite dans la ſurface ſupérieure de l'eau contenuë dans quelque vaiſſeau dont le fond ſoit MGFEN; CDE un fil tendu fermement, afin qu'il repréſente une ligne droite; D, le point où le fil entre dans l'eau; E, le point où il touche le fond du vaiſſeau. Soit auſſi C, un petit trou par où paſſe un rayon du Soleil dans une chambre obſcure, en ſorte que ce rayon qui eſt repréſenté par CD, coulant le long du fil juſques au point D, qui ſera le point de ſon incidence, le fil ſoit environné de ce rayon: alors, ſi on ôte le fil, on verra que ce rayon paſſant dans l'eau, quittera la direction du fil, & ne ſera point continué le long de la ligne DE juſques au point E; mais qu'il ira comme en F entre E & G, ſi DG eſt le fil d'un pendule paſſant par le point D. On verra arriver la même choſe, ſi le rayon a une inclination moindre ou plus grande, en ajuſtant le fil CDE ſelon le rayon. On fera l'expérience plus facilement ſi le fond du vaiſſeau eſt vuide, & que le fil étant ôté, le rayon CDE tombe au point E; car on verra que ſi on emplit promptement d'eau le vaiſſeau juſques à la ligne AB, le point E ne ſera plus illuminé, mais un autre point F. Le même arrivera aux autres rayons par la Propoſition dix-huitiéme. Donc les rayons paſſant de l'air dans l'eau, ſe rompent, &c. ce qu'il falloit prouver par expérience.

TAB. XXV. Fig. 8.

Autre exemple pour faire voir comme il faut diſpoſer pluſieurs propoſitions de ſuite pour prouver une propoſition ſenſible, & comme il faut faire un raiſonnement continu en citant les principes & les propoſitions prouvées.

ON trouve par expérience, que ſi on emplit de mercure un tuyau cylindrique de verre, comme AB, fermé par le bout A, dont la longueur ſoit au deſſus de trente pouces; & qu'ayant mis le doigt ſur l'extrémité B, ſans y enfermer de l'air, on le renverſe; & qu'on trempe cette extrémité B dans d'autre mercure mis en quelque petit vaiſ-

TAB. XXV. Fig 9.

ſeau de terre comme CDK; & qu'on ôte enſuite le doigt: le mercure deſcend, & après quelques balancemens, il s'arrête ordinairement à la hauteur de vingt-ſept à vingt-huit pouces; c'eſt à dire, que ſi EF eſt la ſurface du mercure qui eſt dans le petit vaiſſeau, celui du tuyau deſcendra juſques en H, ſi EH eſt d'environ vingt-ſept pouces & demi; mais ſi on y enferme de l'air avec le mercure, le mercure deſcendra plus bas, & ſe mettra à diverſes hauteurs, ſi on y met plus ou moins d'air.

Ces expériences étant connuës, & ſuppoſant qu'ayant fait l'expérience ſans air, le mercure ſe ſoit mis à vingt-huit pouces, comme il arrive quelquefois; on propoſe ce Problême de Phyſique.

PROBLEME DE PHYSIQUE.

E*Tant donnée la longueur d'un tuyau cylindrique* AB, *au deſſus de vingt-neuf ou trente pouces, fermé par un bout; trouver quelle quantité d'air il faut enfermer avec le mercure, afin que le mercure ſe mette à une hauteur donnée moindre que vingt-huit pouces, lorſque le tuyau ſera perpendiculaire à l'horiſon.*

Pour y parvenir, il faut premiérement prouver que l'air a de la peſanteur, ſoit par des expériences faites par quelques Auteurs célébres, ſoit par quelques-unes qu'on aura faites ſoi-même; & on en fera la premiére Propoſition.

On en fera une ſeconde, dans laquelle on énoncera que la colomne de vif-argent de vingt-huit pouces, qui demeure dans le tuyau de verre A B, lors qu'on n'y a point mis d'air, péſe autant que la colomne d'air de même largeur depuis la ſurface du mercure du petit vaiſſeau, juſques au haut de l'Atmoſphére, c'eſt à dire juſques au plus haut de l'air: & on la prouvera par pluſieurs expériences faites en pluſieurs lieux tant profonds qu'élevés, pour faire voir que plus les lieux ſont élevez, moins grande eſt la hauteur où s'éléve le mercure, comme étant chargé d'une moindre peſanteur d'air; & que dans les caves fort profondes, il s'éléve à une plus grande hauteur, comme étant chargé d'un plus grand poids d'air; & que ſi on met le mercure du vaiſſeau dans de l'eau au deſſous d'une hauteur de dix ou douze piés, il s'élévera beaucoup plus dans le tuyau, ſavoir à un pouce de plus pour quatorze pouces d'eau, à deux pouces pour vingt-huit pouces, &c. à cauſe qu'un pouce de mercure péſe autant à peu près que quatorze pouces d'eau.

On prouvera enſuite que l'air a beaucoup de vertu de reſſort, & que plus il eſt preſſé par un poids, plus il ſe condenſe; mais que le poids étant ôté, il ſe remet de lui-même par ſon reſſort dans ſa premiére extenſion, qui eſt celle où il eſt mis par le poids de l'Atmoſphére avec lequel il fait équilibre, en ſorte que ſi l'air devenoit plus peſant, il ſe

con-

condenſeroit davantage ; & s'il devenoit moins peſant , il ſe dilateroit davantage : & ce ſera la troiſiéme Propoſition.

On fera une quatriéme Propoſition , pour montrer , que quelque quantité de mercure petite ou grande , qu'on mette dans le tuyau AB avec de l'air , il deſcendra ; mais qu'il ne deſcendra pas entiérement juſques à la ſurface du mercure du vaiſſeau CDK : & on le prouvera par la troiſiéme Propoſition. Car ſi GA eſt l'air , & GB le mercure qui puiſſe couler par l'ouverture B : d'autant que ſon poids depuis EF, ſurface du mercure qui eſt dans le vaiſſeau CDK juſques en G, fait équilibre avec une partie de la colomne d'air de toute l'Atmoſphére, égale en largeur au diamétre du tuyau AB ; & que l'air enfermé GA eſt condenſé de même que l'air qui eſt à l'entour du tuyau , & que par conſéquent il peut faire équilibre par la ſeule force de ſon reſſort, avec tout le poids de cette colomne d'air ; il s'enſuit que le mercure n'ayant rien qui lui faſſe équilibre, il deſcendra : Mais il ne deſcendra pas juſques à ce qu'il ſoit en la même ſurface que le mercure du vaiſſeau CDK ; car s'il y deſcendoit, l'air GA ſe ſeroit dilaté de tout l'eſpace GE, & par conſéquent il ne pourroit faire équilibre en cet état avec tout le poids de l'air, qui eſt de même poids que vingt-huit pouces de mercure ; d'où l'on conclura qu'une partie du mercure demeurera dans le tuyau.

On fera enſuite une cinquiéme Propoſition, par laquelle il ſera énoncé , que l'air ſe condenſe ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé ; & pour ſavoir ſi cette propoſition eſt véritable, on la ſuppoſera, c'eſt à dire, on la poſera pour hypothêſe, & on fera pluſieurs expériences, pour voir ſi elles conviendront toutes à cette hypothêſe. Par exemple , on ſuppoſera que le mercure ſe ſoit mis à la hauteur de quatorze pouces en G, le tuyau AB étant de quarante pouces, & EB d'un pouce ; & parce que EA ſera de trente-neuf pouces, GA ſera de vingt-cinq pouces ; & on ſuppoſera pour faire le calcul plus facilement, que le mercure étant enfermé dans le tuyau ſans air, ſe mettroit à vingt-huit pouces préciſément ; & on raiſonnera ainſi.

D'autant que le mercure EG de quatorze pouces fait équilibre avec la moitié du poids de l'air, puiſque vingt-huit pouces font équilibre avec tout ſon poids, il s'enſuit que les vingt-cinq pouces d'air dilaté en AG, font équilibre avec le poids de l'autre moitié de l'air : Mais, par l'hypothêſe, il doit être dilaté deux fois plus que l'air qui eſt alentour du tuyau, qui eſt chargé du poids de tout l'air, & qui eſt condenſé de même que celui qu'on avoit enfermé : Donc cet air premiérement enfermé, ne devoit être que de douze pouces & demi, moitié de vingt-cinq pouces. Enſuite de ce raiſonnement, on en fera l'expérience en cette ſorte. On laiſſera douze pouces & demi d'air dans le tuyau au deſſus du mercure, qui en occupera vingt-ſept pouces & demi, & on fermera le bout du tuyau avec le doigt , l'air ſe mettra au deſſus

de

de l'eſpace H A, qui ſera encore de douze pouces & $\frac{1}{2}$; alors ſi on tire le doigt, qu'on ſuppoſe être environ un pouce au deſſous de E F, on verra deſcendre le mercure, & s'arrêter à la hauteur E G de quatorze pouces; ce qui ſera déja une conjecture de la vérité de l'hypothêſe. On prendra enſuite un tuyau recourbé A B C D, fermé au bout D, en ſorte que C D ſoit d'un pié, & B A d'environ quatre piés: on y verſera tout doucement un peu de mercure par l'ouverture A, de maniére qu'elle occupe l'eſpace B E C, afin qu'il ni ait plus de communication de l'air D C, avec l'air B A, & qu'il ne ſoit pas encore preſſé; & que par conſéquent il faſſe encore équilibre par ſon reſſort, avec tout le poids de l'air, qui eſt équivalent au poids de vingt-huit pouces de mercure; (on connoitra que l'air D C n'eſt ni plus preſſé, ni moins preſſé que celui qui eſt en B A, ſi le mercure eſt à même hauteur aux points C & B.) On verſera enſuite peu à peu du mercure dans la partie A B, juſques à ce qu'il en monte dans la partie C D, à la hauteur G H de quatre pouces, afin que l'air n'occupe plus que les deux tiers de C D; & on remarquera que B G étant priſe égale à C H, le mercure ſera alors élevé juſques en F, ſi G F eſt de 14 pouces. Or alors l'air D H ſera chargé du poids de quarante-deux pouces de mercure, ſavoir des vingt-huit pouces du poids de l'air, & des quatorze pouces du mercure qui eſt en G F. Mais quarante-deux eſt à vingt-huit, comme C D à H D, c'eſt à dire douze à huit; & par conſéquent cet air ſe ſera condenſé à proportion du poids dont il ſera chargé. On remplira enſuite le tuyau A B juſques à une telle hauteur, que l'air ſe reduiſe en l'eſpace L D, moitié de C D; & on verra qu'en l'autre côté du tuyau, il ſera à la hauteur I M, ſi I L eſt horiſontale, & ſi I M eſt de vingt-huit pouces. Or en cet état, l'air L D ſera preſſé par un poids de cinquante-ſix pouces de mercure, ſavoir de celui qui ſera en la partie I M de vingt-huit pouces, & de celui de l'Atmoſphére qui eſt égal au poids de vingt-huit pouces de mercure; & par conſéquent cet air enfermé ſe ſera condenſé ſelon la proportion des poids. Deſquelles expériences, & de pluſieurs autres qu'on pourra faire, en ſe ſervant d'un tuyau de ſept ou huit piés depuis B juſques à A, on conclura la vérité de ce Principe d'expérience; ſavoir, que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt chargé, & ce ſera la cinquiéme Propoſition.

TAB. XXV. Fig. 10.

Toutes ces Propoſitions étant bien prouvées & miſes par ordre, on reſoudra le Probléme propoſé par la méthode des Géométres qu'ils appellent Analyſe, en cette ſorte.

TAB. XXV. Fig. 9.

Soit le tuyau A B de quarante pouces, où l'on doit enfermer de l'air avec du mercure; & on veut que l'expérience étant faite, le mercure ſe mette à ſept pouces de hauteur. On ſuppoſera ce qu'on cherche; ſavoir, qu'ayant mis en ce tuyau une certaine quantité de mercure & d'air, & ayant plongé ſon extrémité B dans le mercure du petit vaiſſeau

CDK

CDK jufques à un pouce de profondeur, le mercure fe foit arrêté en G, fept pouces au deffous de EF furface du mercure du vaiffeau CDK, & on fera un raifonnement continu en cette forte. D'autant que les fept pouces de mercure EG font équilibre avec le quart de tout le poids de l'air de l'Atmofphére, l'air dilaté GA, qui eft dans le tuyau, doit faire équilibre par fon reffort avec le refte du poids de l'Atmofphére, favoir les trois quarts, par la troifiéme & quatriéme Propofition de cet exemple. Or cet air dilaté eft de trente-deux pouces. Donc, par la cinquiéme Propofition, comme vingt-huit pouces de mercure poids entier de l'air, eft à vingt & un pouces, différence de fept pouces & de vingt-huit pouces; ainfi réciproquement l'étenduë de l'air dilaté dans le tuyau, qui fait équilibre avec ces vingt & un pouces, eft à l'étenduë de l'air qu'on avoit enfermé avec le mercure avant l'expérience, & qui faifoit équilibre par fon reffort à tout le poids de l'air, c'eft à dire au poids de vingt-huit pouces de mercure. Mais, cet air dilaté eft de trente-deux pouces. Donc on avoit enfermé vingt-quatre pouces d'air avec le mercure avant l'expérience, puifque trente-deux eft à vingt-quatre, comme ving-huit à vingt & un.

La Synthêfe ou compofition fe fera en cette forte par une preuve indirecte. Soit mis du mercure dans le tuyau AB jufques à feize pouces de hauteur, afin qu'il refte vingt-quatre pouces d'air; & ayant fermé le bout du tuyau avec le doigt, qu'on le plonge dans le mercure du vaiffeau, en forte qu'ayant ôté le doigt, & le mercure étant arrêté, l'extrémité B foit d'un pouce au deffous de la furface EF: Je dis que le mercure du tuyau qui occupoit l'efpace BH de feize pouces, fe reduira à fept pouces: car s'il s'élevoit à une autre hauteur, comme de huit pouces, il s'enfuivroit par la cinquiéme Propofition ci-deffus, que comme vingt-huit eft à vingt complement de huit à vingt-huit, ainfi trente & un, nombre des pouces de l'air dilaté, feroit à vingt-quatre; ce qui eft abfurde, parce que cette derniére raifon eft moindre que la premiére. On trouvera la même abfurdité quelque hauteur qu'on fuppofe, autre que fept pouces: car alors GA de trente-deux pouces fera à HA de vingt-quatre pouces, comme vingt-huit à vingt & un. Donc il fe mettra à fept pouces; ce qui étoit à prouver.

On a donc trouvé la quantité d'air qu'il falloit enfermer avec le mercure, pour le faire defcendre à la hauteur donnée de fept pouces, & on a prouvé la néceffité de cet effet par fes véritables caufes; ce qu'il falloit faire.

Que fi on propofoit le Problême en cette forte, *étant donnée la quantité de l'air enfermé avec le mercure avant l'expérience*, (comme par exemple vingt-quatre pouces) *trouver à quelle hauteur le mercure fe mettra*; il faudroit employer les termes & les notes de l'Algébre en l'Analyfe, avec un raifonnement continu fondé fur la Géométrie des proportions: ce que les médiocres Algébriftes pourront faire affez facile-

ment en posant A pour l'extension de l'air H G, qui se doit faire dans le tuyau; & se servant de l'Analogie 24 † A à A, comme 28 à 15—A, dans laquelle vingt-quatre ou A H est l'étenduë de l'air qu'on laisse au dessus du mercure, A est la dilatation inconnuë H G, vingt-huit est le poids de l'Atmosphére, 15 est l'étenduë H A, &c.

On voit par cet exemple, Premiérement, qu'il y a dans les sciences naturelles un enchainement & une suite de propositions, de même que dans les Mathématiques; & que la preuve de celles qui sont douteuses, est encore plus difficile:

Secondement, que la méthode de citer les propositions prouvées ou les principes, après les avoir mis par ordre, est la plus commode:

Et enfin, qu'il y a beaucoup de propositions sensibles qu'il est impossible de prouver, sans le secours de la Géométrie & de l'Arithmétique. D'où l'on peut conjecturer qu'il y a plusieurs effets naturels si obscurs, qu'il est impossible ou très-difficile d'en demêler les causes, comme par exemple, pourquoi la ciguë est venimeuse, ou pourquoi une aiguille aimantée se tourne vers le Pole; & que quand quelqu'un feroit assez heureux pour les découvrit, il lui seroit très-difficile de les faire comprendre aux autres: c'est pourquoi il ne faut pas s'étonner si on a fait si peu de progrès jusques à présent dans la Médecine, & dans les autres sciences naturelles.

Il ne faut pas pourtant abandonner l'étude de ces sciences: car, comme il a été remarqué dans le second Discours, on peut se contenter d'avoir une certitude entiére de l'existence des effets par des observations exactes, lors qu'on n'en peut découvrir les causes par un raisonnement certain, fondé sur des principes inconteftables. C'est même une erreur de vouloir raisonner, & tâcher de prouver par des conjectures, quand on peut s'éclaircir par une induction facile. Une expérience d'une heure nous instruit souvent davantage que des raisonnemens de plusieurs années: & puis qu'il n'y a point d'autres démonstrations en Physique, que celles qui sont fondées sur des expériences certaines par des conséquences infaillibles qu'on en tire, soit qu'on y employe des propositions intellectuelles ou non; il s'ensuit que lors qu'on peut avoir des expériences, il n'est pas néceffaire de chercher d'autres moyens pour prouver la vérité des faits.

Outre ces diverses sortes ou méthodes de prouver, il y en a encore une autre qui se fait par interrogations & réponses, laquelle a été fort en usage parmi les anciens Philosophes, comme *Platon*, *Xénophon*, & *Ciceron*, & qui est fort propre pour surprendre & faire tomber en erreur ceux à qui on parle; mais on ne s'en servoit ordinairement que dans les choses vrai-semblables.

Enfin toutes ces régles servent de peu, si on ne les met en usage, & si on ne s'exerce souvent à faire plusieurs démonstrations, soit pour nous instruire nous-mêmes, soit pour persuader aux autres les vérités qui nous sont connuës.

Quel-

Quelquefois on ne peut pas prouver les chofes invinciblement ; mais pour ne demeurer pas dans l'incertitude, on fe contente d'une preuve vrai-femblable.

Par exemple, quelques-uns difent que les bêtes n'ont point de fentiment ni de connoiffance. Or on ne peut pas prouver abfolument que cela foit faux, parce qu'on ne fait pas s'il eft au deffus du pouvoir de la nature ou non, de faire une machine qui faffe les mêmes actions qu'un Singe, fans avoir aucun fentiment. Mais, fuivant le quarante-feptiême Principe, puifque les bêtes ont des yeux & des oreilles comme nous, qu'elles fe plaignent comme nous quand on les bleffe, quelles font choix comme nous des viandes, &c. & que nous fommes affurez que nous faifons ces chofes par le fentiment & par la connoiffance ; on doit inférer & croire que les bêtes ont auffi du fentiment, & une connoiffance qui a quelque raport à la nôtre, à moins qu'on n'apporte une démonftration claire & évidente du contraire.

Que fi, une propofition étant bien prouvée, quelqu'un vient à la nier : ou il la nie contre fa créance, ce qui arrive aux Efprits contentieux ; & alors, foit qu'il nie les principes ou les conféquences des principes, il ne faut plus difputer contre lui, felon la propofition dixiéme ; car il pourroit nier de même toutes les autres preuves ; il ne faut pas auffi entreprendre de lui faire avouër qu'il a tort, & il fuffit que ceux qui font préfens le connoiffent : Ou il la nie pour n'avoir pas bien remarqué la connexité des propofitions, ce qui arrive fouvent dans les démonftrations des Mathématiques, foit à caufe de l'embaras des lignes & des figures, foit à caufe du grand nombre des conféquences ; & en ce cas il faut recommencer le raifonnement, & même changer l'ordre & les termes de la démonftration.

Que fi l'on connoît qu'il foit incapable d'être perfuadé, il faut auffi ceffer la difpute.

QUATRIÉME DISCOURS.

Des faux raifonnemens & des autres caufes de nos erreurs, & de ce qu'il faut obferver pour ne s'y laiffer pas furprendre.

C'Eft ici la plus utile & la plus importante partie de la Logique, car les autres ne font guére néceffaires qu'à ceux qui font profeffion d'établir les fciences, & de trouver les vérités cachées, pour les enfeigner aux autres ; mais tous les hommes ont intérêt de ne fe laiffer pas furprendre par de faux raifonnemens, ou par de fauffes apparences.

Les faux raiſonnemens s'appellent des ſophiſmes, quand on les fait à deſſein de ſurprendre ceux à qui on parle ; & on les appelle des paralogiſmes, quand on les fait par erreur. On ne ſe ſervira ici que du nom de Sophiſme, & même on comprendra ſous le nom de Sophiſme tout ce qui nous fait tomber en erreur, ou qu'on employe pour éluder la juſteſſe de nos raiſonnemens ; & en ce ſens un clin d'œil, un mouvement de tête, &c. peuvent être pris pour des ſophiſmes, de même que les fauſſes apparences qui nous viennent des ſens ou de l'imagination: Enfin tout ce qui peut être dit, penſé, ou fait, pour détruire une vérité, ou pour établir une fauſſeté, ſera ici appellé un Sophiſme.

On peut donc conſidérer de deux maniéres de Sophiſmes.

La premiére conſiſte dans les fauſſes apparences.

La ſeconde, dans les faux raiſonnemens. On diviſera, pour cette raiſon, ce dernier Diſcours en deux articles.

Dans le premier on tâchera de faire connoître les erreurs qui nous viennent des fauſſes apparences, & les moyens de les éviter.

Dans le deuxiéme on traitera des faux raiſonnemens, & on donnera des régles pour les refuter, ou du moins pour ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

ARTICLE PREMIER.

Des fauſſes Apparences.

LA plupart des fauſſes apparences procédent, ou des mauvaiſes diſpoſitions de nos ſens & de notre imagination, ou de leur inſuffiſance naturelle à nous bien repréſenter les choſes: & parce que quelques Philoſophes prennent occaſion de ces fauſſes apparences, de rejetter toutes les ſciences ; il eſt à propos d'établir ici quelques hypothêſes, pour pouvoir expliquer à peu près comme ſe font nos ſenſations & nos penſées, afin de pouvoir découvrir les cauſes des erreurs où elles nous engagent, & les moyens de nous en défendre ; & même de faire ſervir ces fauſſes apparences, s'il ſe peut, à découvrir la vérité.

I. HYPOTHESE.

Lorſque les nerfs, qui ſont les principaux organes de nos ſenſations, ont reçû quelques mouvemens par l'action d'un objet, ces mouvemens ſont portez & communiquez aux parties du cerveau, d'où les nerfs tirent leur origine ; & à l'occaſion de ces mouvemens, la ſenſation de cet objet ſe fait en nous. Ainſi la flamme d'une chandelle étendant ſes rayons juſques au fond de nos yeux, où eſt la membrane appellée Choroïde, qui contient les nerfs de la vûë, ces rayons y excitent de certains

tains mouvemens & impreſſions qui ſont continuez juſques aux parties du cerveau où aboutiſſent ces nerfs; & à l'occaſion de ces mouvemens, il nous paroît une flamme hors de nous, c'eſt à dire que nous apperce-vons & voyons cette flamme de la chandelle hors de nous en un certain lieu à peu près, en ſorte que nous pouvons aller y porter la main. De même, s'il y a une petite cloche à une diſtance médiocre, ſur laquelle quelqu'un frape avec un corps dur, les friſſonnemens & tremblemens des parties de cette cloche excitent de petits friſſonnemens à peu près ſemblables dans les parties de l'air qui la touchent, qui en produiſent d'autres ſucceſſivement dans les autres parties de l'air plus éloignées de la cloche, juſques au dedans de nos oreilles, où ſont les nerfs de l'ouïe, leſquels étant ébranlez par ces mouvemens, les communiquent aux parties du cerveau où ils aboutiſſent ; & à l'occaſion de ces mouvemens, il nous paroît hors de nous ce que nous appellons le ſon d'une cloche, de maniére que nous jugeons à peu près où eſt cette cloche, & que nous pouvons y aller les yeux fermez, & porter la main deſſus. Il arrive auſſi que lorſque les nerfs de la vûë ont reçû de fortes agitations & impreſſions, elles les conſervent un peu de tems : ainſi lors qu'on ferme les yeux incontinent après qu'on a regardé le Soleil, il nous paroît encore durant quelque tems une eſpéce de lumiére qui s'efface peu à peu. On pourra expliquer de même à peu près les autres ſenſations.

II. HYPOTHESE.

Soit que les fibres des organes des divers ſens ayent des ſtructures différentes, ou que les mouvemens qui s'y excitent, ſoient diſſemblables, ou par quelque autre cauſe; ils ne reçoivent pas les impreſſions des mêmes objets d'une même maniére. Le Soleil agiſſant ſur les nerfs de la main, y cauſe le ſentiment de la chaleur ; & dans les nerfs de la vûë, celui de la Lumiére: le ſucre paroît blanc à la vûë, âpre au toucher, doux à la langue. Les nerfs de la vûë émûs par quelque cauſe que ce ſoit, comme lors qu'une humeur âcre tombe deſſus, ou qu'un coup violent les offenſe, repréſentent des couleurs & de la lumiére; & ceux de l'ouïe repréſentent des ſons, de quelque façon qu'ils ſoient émûs; les nerfs du goût ne repréſentent que des ſaveurs, &c.

III. HYPOTHESE.

Lorſque les parties du cerveau auſquelles les nerfs communiquent les mouvemens qu'ils reçoivent des objets, ayant été émuës & agitées, nous avons apperçû cet objet; il demeure dans ces parties du cerveau, une diſpoſition à être émuës par des mouvemens à peu près ſemblables, par le moyen deſquels mouvemens, lors qu'ils s'excitent par quelque cauſe que ce ſoit, cet objet quoiqu'abſent nous eſt repréſenté, & cet-

te représentation se fait en deux maniéres. Dans l'une, l'objet nous paroît de même que dans les sensations ; ce qui nous arrive dans les songes & dans les délires : & cette apparence de sensation se fait en nous, lorsque les mêmes parties du cerveau qui ont été émuës par les objets présens, se meuvent encore de la même maniére, quelle que puisse être la cause qui excite ces mouvemens.

L'autre maniére de représentation se fait par des mouvemens un peu dissemblables à ceux qui ont été produits par les objets présens, soit dans les mêmes parties du cerveau, soit en d'autres parties : Comme lors qu'après avoir vû une rose, nous fermons les yeux, & que cette rose nous est représentée, non pas précisément comme elle nous a paru, & avec autant de force & d'éclat, mais d'une façon qui nous touche bien moins, & qui est d'ordinaire beaucoup moins exacte, tant à l'égard de la figure, que de la couleur, &c. en sorte que nous pouvons distinguer facilement la vûë de la rose d'avec cette représentation, au lieu que ceux qui sont en délire ne remarquent point de différence entre l'apparence que leur produit un objet présent, & celle qui est produite par la premiére maniére de représentation. Il y a encore cette différence entre ces deux sortes de représentation, que la premiére ne dépend point de notre volonté, & que nous ne pouvons l'exciter quand nous voulons, du moins cela arrive très-rarement, & à très-peu de personnes ; mais la seconde en dépend en quelque façon, & nous pouvons presque toujours, quand nous voulons, nous représenter ce qui est tombé sous nos sens, par cette représentation obscure, comme il a été remarqué en la Proposition 64: D'où il suit que ces deux maniéres de représentation différent davantage que du plus & du moins.

La derniére se fait encore en deux façons : car quelquefois elle se fait avec les principales circonstances des tems & des lieux, &c. ausquels les objets nous ont paru, & alors elle s'appelle ordinairement Mémoire : mais quand on se représente des choses sans aucunes circonstances, comme quand on se représente une rose sans désigner aucune des roses qui nous ont paru en de certains tems & lieux ; cette maniére de représentation s'appelle Imagination. Ainsi, quand on récite plusieurs vers qu'on sait, selon la suite qu'on les a lûs, c'est un effet de la mémoire ; & lorsque par la ressemblance de ceux qu'on sait, on en fait de nouveaux, c'est un effet de l'imagination. Quand on s'applique à ces représentations de mémoire ou d'imagination, cette application s'appelle pensée: mais souvent on confond la signification de ces noms ; & penser à une chose, en avoir l'idée ou la représentation, la concevoir, s'en souvenir ou en avoir la mémoire, l'imaginer ou l'avoir dans l'imagination, se prennent souvent à peu près pour la même chose.

Dans toutes ces sortes de représentations, & même dans les sensations, il est vrai-semblable que ce n'est pas assez que le cerveau soit modifié, ou l'esprit même, par les actions des objets sur les sens, pour for-

former les ſenſations ou les idées; mais qu'il eſt néceſſaire que l'eſprit apperçoive cette modification, & qu'il s'y applique par quelque eſpéce d'action.

IV. HYPOTHESE.

Lorſque nous voulons nous ſouvenir ou penſer à quelque choſe, il ſe fait un effort dans le cerveau, par lequel quelques-unes de ſes parties ſont agitées de la maniére qu'il faut qu'elles le ſoient, pour nous faire avoir ou concevoir l'idée ou la repréſentation de cette choſe; & ce que nous appellons raiſonnement, ſe fait quand nous nous appliquons à faire naître pluſieurs idées de ſuite de diverſes choſes pour les comparer enſemble, & en tirer des conſéquences: & non ſeulement on peut imaginer & ſe repréſenter volontairement un objet qu'on a vû; mais on en peut imaginer pluſieurs ſemblables joints enſemble, quoiqu'on n'en ait vû qu'un ſeul. On peut auſſi joindre les idées de pluſieurs choſes différentes, comme, ſi on a vû une tour & du cuivre, on peut avec deſſein ſe repréſenter une tour de cuivre, & en concevoir l'idée. Et même on peut ſéparer par la penſée, c'eſt à dire, imaginer ſéparément une qualité commune à pluſieurs choſes: ainſi on peut penſer à la rougeur, après avoir vû cette couleur en pluſieurs fleurs & fruits, &c. ſans penſer à aucune de ces choſes; on peut former l'idée de l'amertume, ſans penſer à aucune des choſes améres.

V. HYPOTHESE.

Les idées ou repréſentations ſont les principes de tous nos diſcours, & de tous nos raiſonnemens; mais elles n'en ſont pas les objets: c'eſt à dire, que quand nous parlons des choſes que nous avons connuës par les ſens, nous n'entendons pas parler des idées qui nous les repréſentent (ſinon lorſque ces idées ſont le ſujet de noſtre diſcours;) de même que lorſque nous voyons un objet, ce n'eſt pas le mouvement du cerveau qui nous le fait voir, ni l'image de cet objet que nous voyons, qui eſt peinte au fond de nos yeux: mais ces mouvemens ſont les principes de la viſion; & c'eſt par leur moyen que les corps lumineux ou illuminez nous paroiſſent.

Ces Hypothêſes ou Suppoſitions étant reçuës, ou quelques autres à peu près ſemblables, il eſt aiſé de juger que nos connoiſſances, ou du moins la plupart de nos connoiſſances, dépendent des impreſſions que nous avons reçuës des objets par les ſens, & de la faculté que nous avons d'en concevoir les idées, c'eſt à dire, de nous les repréſenter par la mémoire ou par l'imagination; & que ſi nos ſens ſont peu fidéles, & nos imaginations peu juſtes, nous tomberons néceſſairement en pluſieurs erreurs, ſi nous n'avons pas l'adreſſe de ſuppléer par le raiſonnement à ces défauts.

L'Optique nous enseigne que lorsque nous tournons les yeux vers un point lumineux ou illuminé, il passe par la prunelle de chaque œil, c'est à dire par l'ouverture de l'uvée, plusieurs rayons venans de ce point, lesquels se réünissent au delà du crystallin & de l'humeur vitrée sur un point de la membrane concave où sont les nerfs de la vision; & que ce point lumineux est vû dans la ligne droite tirée de ce point de réünion par le centre de la cornée, laquelle ligne en chaque œil, est appellée l'axe de la vûë: de maniére que les deux yeux étant tournez directement vers ce point lumineux, ces lignes visuelles aboutissent au point lumineux; & par cette raison, on le voit au même endroit où il est.

De cette disposition naturelle des yeux procédent plusieurs fausses apparences. Car, si on frotte le coin de l'œil la nuit, il nous paroît une petite lumiére vers le côté opposé: & s'il y a un miroir comme A B, qui reçoive les rayons D H, D E, du point lumineux D, & les réfléchisse sur les deux yeux en G & C, selon les lignes droites H G & E C; les axes des yeux étant disposez selon ces lignes, ce point paroitra dans leur concours au point F au delà du miroir, quoiqu'il soit en D: & si A B L N est un corps transparent, & D un point illuminé; les rayons D H, D F, se rompront, rencontrant la surface A B, & passeront dans l'air selon les lignes F C, H G: & les deux yeux étant en C & G, verront le point D au point E, où est le concours des deux lignes droites C F, G H; & on se pourra tromper en la situation de ce point, si on ignore les régles de la refraction. C'est de là que procéde cette fausse apparence si souvent redite par les Philosophes, d'un bâton droit qui paroît courbe étant en partie plongé dans l'eau: car supposé que la ligne droite M K D soit le bâton, il paroitra selon la courbure M K E aux yeux en C & G; à cause que le point D paroît en E, & les autres points de la ligne D K en des points de la ligne E K.

TAB. XXV. Fig. 6.

TAB. XXV. Fig. 11.

On fait aussi un faux jugement à l'égard des miroirs, quand on dit que c'est l'image des objets qu'on y voit: car on les voit aussi véritablement que par la vûë directe; c'est à dire que les mêmes rayons qui feroient voir l'objet D aux yeux en L & M, si le miroir étoit ôté, le font voir par réflexion au delà du miroir en F, aux yeux qui sont en C & G; & par conséquent on ne dévroit pas appeller image, ce qu'on voit par réflexion.

TAB. XXV. Fig. 6.

Les yeux ne peuvent aussi discerner les figures des très-petits objets vûs de près, ou des grands vûs de très-loin, comme il a été remarqué dans la Proposition 35; parce que l'endroit où se réünissent les rayons, n'occupe pas assez de place au fond de l'œil pour y faire sentir de la distinction; & on se pourroit tromper, si on entreprenoit de juger de la figure de ces objets. C'est par cette raison que l'étoile de Venus nous semble ronde en la regardant avec les yeux seuls, quand elle nous pa-

roît en croiſſant par le moyen des lunettes d'approche qui en agrandiſſent l'apparence. On ne parle pas auſſi dans l'exactitude, lors qu'on dit que le Soleil eſt lumineux; car cette apparence n'eſt que par raport au ſens de notre vûë, ſelon le Principe 30. Il en eſt de même, lors qu'on dit qu'on voit des objets, comme une roſe, une maiſon, &c. car on ne voit proprement que la lumiére des corps lumineux réfléchie ſur ces objets; mais cette lumiére recevant des différentes modifications en pénétrant un peu les ſurfaces des objets différens, & ſe réfléchiſſant enſuite vers nos yeux, nous y fait paroître des couleurs différentes, qui nous déterminent à peu près leurs grandeurs & leurs figures, & nous les font diſtinguer les uns des autres; & c'eſt une choſe merveilleuſe que de fort petites différences dans l'arrangement des particules qui compoſent les ſurfaces des fleurs & des feuilles d'une plante, nous les faſſent voir ſous des couleurs ſi différentes de blanc, de bleu, de rouge &c. On peut pourtant avec quelque raiſon dire qu'on voit ces choſes, puis qu'on diſcerne à peu près leurs figures, & qu'il y a quelque choſe en elles qui nous fait paroître une couleur plutôt qu'une autre: quoique véritablement rien ne ſoit viſible que le Soleil & les autres corps lumineux; & que nous ne puiſſions même diſtinguer les différens tiſſus des ſurfaces des objets, qui nous les font paroître de différentes couleurs. Il eſt même croyable que les couleurs ne paroiſſent pas préciſément de même à tous les hommes; car ſouvent l'un des yeux ne les voit pas de même que l'autre. Les différentes lumiéres en changent auſſi les apparences: le gris de lin vû auprès du feu eſt beaucoup différent de ce qu'il paroît au Soleil ou à la Lune; & ce qui paroît jaune au Soleil, paroît verd à la lumiére de ſouphre ou de l'eſprit de vin.

Lorſque les objets ſont fort éloignés, on ſe trompe dans leurs grandeurs & dans leurs diſtances; mais ces erreurs ſe peuvent corriger aſſez facilement par la Géométrie & par l'Optique: Comme, encore que la Lune ne nous paroiſſe que d'un pié de diamétre, on la jugera beaucoup plus grande, lors qu'elle ſe lévera derriére quelque montagne qu'on ſaura être éloignée d'environ 50 lieuës ou cent mille toiſes: car s'il y a une maiſon de cinquante piés de longueur diſtante de mille toiſes, & que la Lune, en ſe levant, paroiſſe occuper un eſpace auſſi large que cette maiſon; ceux qui ſauront qu'un petit objet en couvre un grand ſelon la proportion des diſtances, connoîtront que puiſque la Lune eſt alors éloignée de plus de cent fois davantage que cette grandeur de cinquante piés, elle doit avoir par conſéquent ſon diamétre cent fois plus grand que cinquante piés, c'eſt à dire plus grand que cinq mille piés; & par d'autres obſervations que la vûë nous peut fournir, on pourra aſſurer qu'elle eſt de plus de cinq cens lieuës de diamétre.

On fera de même à l'égard du Soleil & des autres corps éloignés. Et parce qu'on objecte que rien ne paroît ſous ſa véritable grandeur, &

qu'on n'en peut faire aucun jugement certain, on en demeurera d'accord; mais on peut avoir une mesure réelle de cuivre ou d'argent, qu'on appellera un pié ou une coudée, &c. à laquelle on raportera toutes les grandeurs, & desquelles on jugera par raport à celle-là, qui sera déterminée.

L'ouïe a beaucoup de raport à la vûë: car elle se fait selon des lignes droites; & on juge à peu près de l'éloignement, & de l'endroit où se fait un son, quand il n'y a que de l'air entre deux.

Nous pouvons aussi tomber par ce sens, en quelques erreurs semblables à celles de la vûë.

La premiére est, que l'on croit communément que le son soit par exemple dans la cloche qu'on entend, & qu'elle est sonnante; au lieu que, selon le principe vingt-neuviéme, elle n'a qu'un simple mouvement & frissonnement de sa matiére, laquelle agitant l'air contigu, & ensuite les nerfs de l'ouïe, nous fait avoir l'apparence de ce que nous appellons son ou bruit, comme nous recevons l'action du corps lumineux sous l'apparence de lumiére.

Les sons se distinguent par aigu & grave, & l'aigu est produit tant par la vitesse du corps qui frappe l'air, que par sa petitesse. Ainsi, une corde de Luth étant tenduë davantage, produit un son plus aigu, parce que ses battemens sont plus vîtes; & un boulet de canon passant par l'air, fait un son plus grave que celui que fait une balle de mousquet, qui va de même vitesse.

Lorsque les petites vagues ou frissonnemens de l'air qui portent le son, se réfléchissent contre un mur ou contre quelque autre corps dur, & vont ensuite fraper les oreilles; le son nous paroît venir de l'endroit qui est directement au delà des points de réflexion; & on juge le son au delà du mur par une raison semblable à celle par laquelle on juge qu'un objet qu'on voit par réflexion, est au delà du miroir; & on a autant de tort d'appeller image de la voix, le son qui vient aux oreilles par réflexion, que de dire qu'on voit l'image du Soleil, quand on le voit par réflexion dans l'eau ou dans un miroir.

Quand nous recevons la voix par une fenêtre ouverte éloignée de nous, ou par le tuyau d'une cheminée, nous ne pouvons juger de quel côté vient la voix, parce qu'elle nous paroît toujous dans la continuation des lignes droites, par lesquelles l'impression se fait.

L'odorat se fait par des émissions de certaines petites vapeurs & exhalaisons, qui sortant des corps, & entrant dans le nez, font leur impression sur une membrane délicate qui y est, où sont les nerfs de l'odorat, & par ce moyen nous sentons ces petites vapeurs; & parce qu'elles sont invisibles, nous attribuons l'odeur au corps d'où elles sortent, quoiqu'il n'agisse aucunement sur notre odorat: & c'est par cette raison qu'il est difficile de deviner par l'odeur, où est le corps qui la produit, à cause que ces vapeurs ne vont pas en lignes droites, & qu'elles

se

se meuvent de toutes parts, & selon les vents. Les chiens de Chasse montrent pourtant à peu près où est le gibier qu'ils sentent.

On ne parle pas exactement, quand on dit que les choses ont une bonne odeur; car ce n'est que par raport aux organes de l'odorat, comme il est marqué en la Proposition 30.

Le goût ne discerne proprement que la douceur, l'amertume, le salé, l'acre & le piquant, &c. Et ce qui fait le principal agrément des viandes, est l'odorat; car quand on les mange, les vapeurs passent dans le nez par un petit conduit qui répond au palais; & on se trompe, quand on attribuë au goût la bonté des fraises & des mousserons. Il ne faut pas croire que la saveur soit réellement dans les viandes; mais seulement qu'elles sont disposées à produire en nous les différentes saveurs que nous y trouvons, conformément à la Proposition 30.

Le sens de l'attouchement est disposé à nous faire sentir de la douleur dans les endroits de notre corps, où nous avons quelque blessure; & nous ne faisons pas un faux jugement, quand nous croyons que le mal est où nous sentons la douleur, quoique le principe de toutes les sensations soit dans le cerveau. Ce sens est aussi disposé à nous faire trouver froid tout ce qui a une chaleur moindre que la nôtre, & chaud ce qui en a une plus grande; & c'est par cette raison que le froid nous paroît quelque chose de positif, quoique l'on puisse croire que ce n'est qu'une privation ou une diminution de chaleur.

Lorsque nous plions deux doigts d'une même main en croix, & que nous mettons entre les deux extrémités une petite boule, elle nous paroît double; parce que les nerfs qui sont dans les doigts, portent au cerveau les mêmes impressions, que lors qu'étant en leur situation ordinaire, ils touchent deux petites boules.

Enfin les erreurs des sens sont faciles à connoître; & on auroit tort de s'en mettre beaucoup en peine, puis qu'elles arrivent rarement, & qu'on les peut corriger facilement. On doit plutôt admirer, qu'encore que toutes nos sensations se fassent par des mouvemens de certaines parties du cerveau, la vuë & l'ouïe nous puissent faire paroître les choses hors de nous à de très-grandes distances, & à peu près où elles sont. On peut même dire que les erreurs des sens nous sont avantageuses: car l'apparence du son dans les cordes d'un Luth, nous chatouille l'ouïe; & les fausses couleurs des fleurs, de l'Arc-en-ciel, &c. nous plaisent beaucoup plus que si nous n'appercevions par tout que l'image du Soleil par réflexion, ou qu'elle nous fit voir les différens tissus des surfaces des corps.

Quoique nous soyons détrompez des faux jugemens du vulgaire, touchant les sensations; il ne faut pas laisser d'en parler comme les autres, & il ne faut pas s'obstiner à combattre les apparences naturelles que nous donnent les sens. Ainsi nous dirons que le feu est chaud,

que le Soleil eſt lumineux, que le ſucre eſt doux, que la neige eſt blanche, que les cloches ſonnent, qu'un Luth produit une agréable harmonie, &c. Et il ſuffit de ſavoir, une fois pour toutes, de quelle façon, & par quelles maniéres les choſes nous paroiſſent comme elles nous paroiſſent. Enfin, on jugera facilement, que ſi les organes des ſens ſont mal diſpoſez, ils ne repréſenteront pas les choſes à l'ordinaire. Ainſi quand les muſcles des yeux ſeront trop foibles pour tourner leurs axes vers un même point, on le verra double; ſi la langue eſt imbibée de quelques humeurs bilieuſes, on trouvera le vin amer, &c. Ces fauſſes apparences de nos ſens étant connuës par ces raiſons, & par quelques autres qu'on pourra découvrir avec un peu de ſoin, elles ne feront aucun préjudice à l'établiſſement des ſciences; elles pourront même y contribuer, pourvû qu'on en ſache bien les cauſes par pluſieurs expériences exactes, & qu'on ſache bien conduire ſon raiſonnement par les ſciences intellectuelles, & par les Principes 29 & 30.

Ce qui vient d'être dit à l'égard des ſens, nous peut faire connoître que l'imagination eſt inſuffiſante pour nous bien repréſenter les choſes, qu'elle a beaucoup moins de clarté & d'exactitude que les ſenſations, & qu'elle nous engage dans les mêmes erreurs. Car de même que la vûë nous fait bien diſcerner le nombre de cinq ou ſix pierres miſes de ſuite, & que s'il y en a cinquante ou ſoixante, elle ne peut nous faire diſcerner ce nombre d'un autre un peu moindre, ou un peu plus grand; ainſi l'imagination nous fait bien concevoir cinq ou ſix pierres enſemble poſées de ſuite; mais elle ne peut en faire concevoir diſtinctement cinquante ou ſoixante, ſinon par la mémoire, quand on les a comptées. De même nous pouvons nous ſouvenir d'avoir mis cent jettons dans une bourſe, après les avoir comptez; mais notre imagination ne peut nous faire concevoir diſtinctement cent jettons enſemble, non plus que notre vûë ne pourroit nous faire diſcerner ce nombre de jettons, s'ils étoient épanchez ſur une table. Nous ne pouvons auſſi former l'idée d'une figure réguliére d'un grand nombre de côtés, par exemple de cent: & quoique par l'application de certaines régles de Géométrie dont nous nous ſouvenons, nous en puiſſions dire quelques propriétés par nos diſcours, comme, que tous les angles intérieurs de cette figure ſont égaux à cent quatre-vingts-ſeize angles droits, il ne s'enſuit pas que nous ayons une idée diſtincte de ces cent côtés; car même nous ne pouvons concevoir diſtinctement cent quatre-vingts-ſeize angles droits. La même choſe nous arrive à l'égard de beaucoup d'autres objets; car nous n'en formons que des idées confuſes. Celles que nous avons de nous-mêmes eſt du nombre: celui qui parle de ſoi, confond & mêle enſemble les idées de ſon corps, de ſon eſprit, de ce qu'il ſait, de ce qu'il peut, & de la plupart des autres choſes qui le concernent: c'eſt pourquoi nous nous trompons ſouvent en l'opinion de nous-mêmes. Les idées des choſes infinies ſont très-obſcures: car nous les fondons

dons sur les idées des choses finies, en concevant leurs extrémités ; & quoique nous en parlions sans erreur, ce que nous en concevons, n'a rien de positif : ceux mêmes qui nous écoutent, reçoivent souvent des idées différentes des choses dont nous parlons.

Nous connoissons si peu notre esprit, c'est à dire, ce qui est en nous le principe actif de la pensée, que lorsque nous parlons de son étenduë & de ses facultés, nous ne pouvons nous accorder. On confond même les idées des choses avec les idées des paroles avec lesquelles nous les exprimons : En voici un exemple. Plusieurs Logiciens très-célébres disent qu'il y a quatre opérations de l'esprit ; concevoir, juger, raisonner, & ordonner : ils appellent concevoir la simple idée d'une chose ; & juger, lors qu'on affirme ou qu'on nie quelque autre idée de cette premiére idée, &c. Or il semble que cet ordre ne se doit pas raporter aux opérations internes de l'esprit. Car, lorsque nous avons vû une rose rouge, la plus simple conception & la plus naturelle est lorsque sans effort elle se représente à nous à peu près comme nous l'avons vûë, c'est à dire rouge, avec plusieurs feuilles d'une certaine grandeur & d'une certaine figure ; & ainsi quand nous disons que cette rose rouge est rouge, qu'elle a plusieurs feuilles, &c. nous ne faisons qu'exprimer par nos paroles la premiére & la plus simple opération de notre esprit : Mais si nous voulons attribuer quelque qualité ou quelque action à une rose au delà de ce qui est contenu sous cette premiére idée, comme, qu'elle est rafraichissante ; alors le jugement que nous en faisons est ordinairement précedé de plusieurs raisonnemens, & par conséquent il ne peut pas être la seconde opération de notre esprit. Mais il est vrai qu'un nom comme la rose considéré seul, est la premiére & la plus simple partie de nos discours ; qu'en lui joignant quelque nom d'attribut, on fait une proposition qui est la seconde chose qu'on peut considérer dans l'expression de nos pensées ; que le raisonnement se fait ensuite par l'assemblage de plusieurs propositions ; & qu'enfin on fait un discours ou un Livre entier, de plusieurs raisonnemens mis par ordre.

A l'égard des opérations internes de l'esprit, voici l'ordre qu'on y peut remarquer.

La premiére est le souvenir ou l'imagination d'une chose que nous avons apperçuë par les sens, de la même maniére qu'elle nous a paru.

La seconde est la composition, c'est à dire l'action de l'esprit, par laquelle il joint ensemble plusieurs idées de choses différentes, comme lorsque nous concevons un animal ayant une tête d'homme, un corps de Lion, & des ailes d'Aigle.

La troisiéme est l'abstraction ou séparation, c'est à dire l'action par laquelle nous séparons quelque qualité d'une idée totale, sans penser aux autres qualités, ni à la substance même qui a cette qualité : comme, quand nous pensons à la rougeur, sans penser aux roses, aux pa-

vots & aux autres ſubſtances où nous avons remarqué de la rougeur; que nous penſons à l'étenduë, ſans penſer à la matiére; que nous penſons aux nombres, ſans penſer aux choſes nombrées.

La quatriéme opération de l'eſprit eſt le raiſonnement, c'eſt à dire l'action interne par laquelle nous examinons les raports des choſes entr'elles, ou leurs différences, &c. pour en tirer quelques conſéquences; comme lors qu'après avoir conſidéré abſtractivement la rondeur, & ramarqué pluſieurs de ſes propriétés, nous examinons enſuite ſi ces propriétés conviennent à la terre ou non.

Le jugement, comme, *la terre eſt ronde*, eſt la concluſion d'un raiſonnement; & on le peut conſidérer comme ſa principale partie, ou le prendre, ſi l'on veut, pour une cinquiéme opération de l'eſprit.

L'action interne par laquelle nous méditons l'ordre & la diſpoſition de pluſieurs raiſonnemens pour faire un long diſcours ou un Livre, doit être raportée à la quatriéme opération; car elle n'en eſt différente que comme du plus au moins, puis qu'il nous faut auſſi méditer l'ordre & la diſpoſition des propoſitions qui doivent ſervir à une preuve.

La queſtion célébre, ſi toutes nos idées viennent de nos ſens, eſt difficile à reſoudre. Quelques-uns ſoutiennent que nous avons une idée claire & dictincte de la penſée, & que cette idée ne procéde pas des ſens. Mais cette propoſition eſt équivoque; car elle confond l'exiſtence de la penſée avec ſon eſſence: l'idée que nous avons de l'exiſtence de la penſée eſt certaine & diſtincte; mais celle que nous avons de ſa nature & de ſon eſſence, eſt très-obſcure & incertaine. Pour bien examiner cette queſtion, il faut conſidérer qu'outre les impreſſions que les ſens font dans notre cerveau, il s'en fait par le chagrin, par la colére, par l'inquiétude, par la joië, &c. qui accompagnent d'ordinaire nos penſées, & qui font une eſpéce de ſentiment de douleur ou de plaiſir, dont nous confondons les idées avec le ſouvenir des choſes que nos penſées nous ont repréſentées: d'où vient que quand nous parlons de nos penſées, nous les conſidérons à peu près comme des actions que nous avons faites, & nous nous ſouvenons fort bien que nous avons eu des penſées: mais nous ne ſavons aucunement comme elles ſe forment; ſi c'eſt par des traces que les impreſſions des objets laiſſent dans le cerveau, ou par des mouvemens de quelques-unes de ſes parties; quelles ſont ces parties, & leurs maniéres de ſe mouvoir; ſi les penſées ſont des modifications de l'ame, ou ſeulement ſon application aux modifications du cerveau: d'où il ſuit que nous n'avons point d'idée claire de la nature & de l'eſſence de la penſée, mais ſeulement de ſon exiſtence, à cauſe du ſentiment intérieur par lequel nous connoiſſons que nous penſons, comme nous connoiſſons que nous parlons, ou que nous écrivons. C'eſt ce ſentiment intérieur qui nous fait reconnoître les choſes que nous avons déja vûës, comme il a été remarqué en la Propoſition 65: ainſi quand nous rencontrons dans un Livre, un endroit

que

que nous avons déja lû, il se fait de petits mouvemens de passions, qui nous font naître l'idée des passions semblables que nous avons euës pendant la premiére lecture ; ce qui nous fait connoître que nous avons déja lû cet endroit.

Quoique l'imagination soit nommée à cause des images, & des figures des choses apperçûës par les yeux, qu'elle nous représente ; elle ne laisse pas de nous représenter les autres sensations, mais sous des idées qui ne sont nullement des images, comme les idées des odeurs, des douleurs, &c. Le toucher peut toutefois faire concevoir une figure ; mais la plupart de ces idées, particuliérement celles qui procédent de l'imagination active, sont souvent bien difficiles à expliquer par nos discours, & nous disons aussi très-souvent des choses que nous ne concevons pas. Il est bon de remarquer qu'il y a de fausses apparences de l'imagination, qu'il ne faut pas tâcher de détruire ; en voici un exemple. Lors qu'on ouvre la bouche, il est certain que ce n'est que la partie inférieure qui se baisse ; mais parce que cette idée pourroit choquer notre imagination, nous sommes naturellement disposez à croire que nous ouvrons également la bouche vers le haut & vers le bas : c'est encore par la même raison que, s'il est vrai que la terre se meuve, l'apparence de son mouvement rapide nous est cachée, parce qu'elle nous feroit frayeur.

Il paroît par les discours précédens, que les fausses apparences de nos sens & de notre imagination ne sont pas beaucoup considérables, & que nous pouvons les corriger par les sens mêmes, & par l'imagination. Ainsi nous pouvons juger par les yeux, qu'il fait plus froid dans les caves en Hiver qu'en Eté, en y portant un Thermométre, & remarquant que sa liqueur s'éléve plus haut au mois d'Août, qu'au mois de Janvier ; & nous serons assurez de cette vérité, malgré l'insuffisance du toucher, pour discerner les limites du chaud & du froid.

Si nous savons les régles de la Dioptrique, dont les principes s'établissent par des observations faites avec les yeux, nous pourrons nous détromper d'une erreur qui nous peut mettre en danger en passant une riviére ; savoir, que quelques endroits plus profonds que celui où nous sommes, nous paroissent moins profonds par la refraction.

Enfin il faut seulement nous empêcher de juger avec précipitation, & ne nous laisser pas séduire aux premiéres apparences, comme ont fait autrefois quelques Philosophes, qui, pour expliquer les différentes figures de la Lune, supposoient qu'elle n'avoit qu'une moitié lumineuse, & qu'elle la faisoit voir successivement ; & ils soutenoient cette hypothêse, parce qu'elle leur paroissoit possible, faute d'en examiner toutes les circonstances qui les eussent détrompez. Il faut donc voir & revoir les choses, y penser & repenser à loisir : car c'est par le défaut d'étenduë de notre imagination, que nous ne voyons pas en même tems toutes les circonstances d'une hypothêse, & nous devons nous en dé-

fier

fier par cette raiſon, comme de la principale cauſe de nos erreurs; mais nous ne pouvons nous en défendre qu'en examinant à loiſir, s'il n'y a point d'apparence qui repugne à ce que nous ſuppoſons, & s'il n'y a point d'autre ſyſtême plus juſte. Par ces moyens nous pourrons nous délivrer ſuffiſamment des faux jugemens, & des erreurs des ſens & de l'imagination.

ARTICLE II.

Des faux Raiſonnemens.

LEs Sophiſmes qui procédent des faux raiſonnemens, ſont de deux ſortes.

La premiére eſt, lors qu'une des propoſitions ſur leſquelles on fonde la concluſion, ou toutes les deux, ſont fauſſes ou douteuſes; la ſeconde, quand il n'y a point de connexité entr'elles & la concluſion.

Le Sophiſme qui ſe fait, quand les premiéres propoſitions ſont fauſſes ou douteuſes, s'appelle pétition de principe ou ſuppoſition de principe; & on tombe en ce défaut, lors qu'on prend une propoſition qui n'eſt point principe ni prouvée, pour un principe ou pour une propoſition prouvée. Comme, ſi on prenoit pour principe cette propoſition, *Les contraires ſe guériſſent par les contraires*, on en tireroit une fauſſe conſéquence, ſi on vouloit entreprendre de guérir une brûlure en y appliquant de la glace; car elle ſerviroit ſeulement à rendre froide la partie brûlée, mais elle ne la guériroit pas. C'eſt le même défaut, lors qu'on veut prouver une propoſition par une autre plus obſcure ou également obſcure, ou qu'on la veut prouver par elle-même en la déguiſant, & changeant ſes termes; ce qui eſt contre les Principes 7 & 8. Ainſi la ſixiéme Propoſition des Méchaniques d'*Archiméde* eſt mal prouvée, parce qu'elle eſt prouvée par une autre propoſition plus obſcure: On peut croire que cette propoſition plus obſcure avoit été prouvée ailleurs par *Archiméde*, ou par d'autres Auteurs; & les Géométres modernes doivent ſonger à rétablir cette preuve.

C'eſt le même Sophiſme, lors qu'on prend pour principe une queſtion de fait qui eſt fauſſe. Ainſi quelques Philoſophes ont pris pour principe, que l'air étoit chaud de ſoi-même, ce qui eſt manifeſtement contre l'expérience: car il ſe refroidit peu à peu, quand les cauſes qui l'échaufent ſont éloignées; & on ne peut ſouffrir ſa froideur dans les lieux fort élevez, où la réflexion des rayons du Soleil a peu de force: deſquelles expériences on peut conclure par le Principe 34, que la chaleur ne lui eſt pas naturelle.

Il faut donc examiner avec beaucoup d'exactitude ces queſtions de fait: car naturellement nous croyons ce qui nous eſt dit, ſelon la propoſi-

poſition 68 ; & il arrive ſouvent que ſi pluſieurs hommes nous diſent avec paſſion une choſe, nous la prenons pour principe de fait. Par cette même raiſon, les Livres imprimez nous perſuadent : Et pour ne vouloir pas prendre la peine d'examiner la vérité d'une propoſition, ou pour n'en être pas capables ; ſi un homme d'autorité la propoſe, nous la recevons d'ordinaire pour véritable : ainſi l'opinion des quatre Elémens, ſavoir le feu, l'air, l'eau & la terre, a été reçuë pour vraië depuis 2000 ans, par la plupart des hommes, quoiqu'elle ſoit contraire à la vérité, & aux expériences exactes, comme il eſt facile de le faire voir. Ce Sophiſme eſt contre les Principes 51 & 52.

On doit ici remarquer qu'il y a bien de la différence entre un bon argument, & une bonne preuve : Car on peut faire des argumens dont les propoſitions auront de la connexité ; mais leurs premiéres propoſitions n'étant pas des principes, & étant autant ou plus difficiles à croire que la queſtion, le raiſonnement ſera inutile : comme, ſi pour prouver que le marbre eſt inſenſible, on diſoit

Toutes les pierres ſont inſenſibles.
Le marbre eſt une pierre.
Donc le marbre eſt inſenſible.

Car encore que la derniére propoſition ſoit compriſe ſous les deux premiéres, l'argument eſt inutile, & ne prouve rien par le Principe 8, puis qu'il eſt moins connu que toutes les pierres ſoient inſenſibles que le ſeul marbre. Ce défaut eſt en quelque façon compris ſous la ſuppoſition de principe, puiſque dire que toutes les pierres ſont inſenſibles, comprend la propoſition, *le marbre eſt inſenſible*, qui eſt la queſtion. La plupart des exemples d'argumens qu'on donne dans les Ecoles pour les modes des argumens, ſont de cette nature ; & il faut prendre garde que par le Principe 38. les choſes ſenſibles particuliéres établiſſent les générales, & non au contraire. On peut auſſi raporter à la ſuppoſition de Principe un défaut de raiſonnement qui ſe fait quand on établit une propoſition par une autre, & qu'enſuite on veut prouver cette derniére par la premiére ; c'eſt ce que les Grecs appelloient Dialléle, c'eſt à dire preuve mutuelle de deux propoſitions l'une par l'autre : on appelle ordinairement ce défaut, cercle de Logique, & il a été remarqué dans le Principe 8.

Quelquefois on prend pour principe une propoſition de fait qui eſt vraië en quelque façon, mais qui eſt fauſſe par le plus ou par le moins : comme, quand on dit que le papier eſt poli, & qu'il devroit ſervir de miroir ; il eſt bien vrai qu'il eſt poli, ſi on le compare a quelque choſe de raboteux, mais il ne l'eſt pas comme le verre.

Les Sophiſmes, par le défaut de connexité, ſe font en pluſieurs maniéres. La plupart procédent de l'ambiguité des mots & des façons de parler, ou des différens états des choſes, & des différens raports qu'elles ont les unes envers les autres.

Il ne ſera pas inutile d'expliquer ici les plus conſidérables, & de les mettre par ordre avec des exemples, afin d'en faciliter la mémoire.

La premiére eſt, quand un nom qui a des ſignifications entiérement différentes, eſt pris en l'une de ſes ſignifications dans la premiére propoſition de l'argument, & en une autre dans la ſeconde : comme, ſi on diſoit à un homme qui eſt en peine de quelque choſe ;

Vous avez du ſouci.
Le ſouci eſt une fleur.
Donc vous avez une fleur.

Ce Sophiſme eſt contre la troiſiéme Demande.

La ſeconde eſt, quand on veut inférer qu'une même choſe qui a ſucceſſivement divers noms de ſubſtance, ſoit toujours la même ſubſtance ; ou qu'elle conſerve le même nom de qualité, lors qu'elle l'a perduë, & qu'elle en a reçû d'autres : comme,

Vous avez mangé ce que vous avez acheté.
Vous avez acheté de la chair cruë.
Donc vous avez mangé de la chair cruë.

Ce qui eſt contre le Principe 22.

La troiſiéme eſt, quand on veut inférer que les choſes ſemblables en quelque choſe, le ſont en tout ; comme,

Le ſucre eſt blanc.
Ce que je vois eſt blanc.
Donc c'eſt du ſucre.

Cette maniére de Sophiſme nous fait tomber ſouvent en erreur, & nous fait prendre une choſe pour une autre, lors qu'on voit qu'elles ont deux ou trois ſignes ſemblables ; ce qui eſt contre le Principe 37.

La quatriéme eſt, lors qu'on veut inférer que ce qui eſt, en quelque façon, & pour de certains égards, quelque choſe, & en a quelques qualités, eſt cette choſe, & a cette qualité abſolument, & de ſoi-même : comme, le muſc eſt de bonne odeur à quelques-uns, donc il eſt abſolument de bonne odeur ; ce qui eſt contre le Principe 25.

La cinquiéme eſt, lors qu'une choſe ayant des qualités capables de faire des effets contraires, on lui en attribuë un abſolument ; comme,

Ce qui eſt chaud deſſeiche.
Cette eau eſt chaude.
Donc cette eau deſſeichera.

A quoi il faut répondre, qu'elle deſſeichera par ſa chaleur, & qu'elle mouillera par ſon humidité, ſelon le Principe 27 ; & ſi on la met dans un vaiſſeau, & qu'on applique ſur ce vaiſſeau une choſe mouillée, elle pourra la ſeicher.

La ſixiéme eſt, lors qu'on prend une des premiéres propoſitions de l'argument pour véritable, qui ne l'eſt pas en un certain ſens ; comme,

Vous avez ce que vous n'avez pas perdu.
Vous n'avez pas perdu des ailes.
Donc vous avez des ailes.

Pour

Pour rendre véritable la premiére propofition, il faudroit dire, *ce que vous aviez, & que vous n'avez pas perdu, vous l'avez encore.*

La feptiéme eft, lors qu'on fe fert de certains mots dont la fignification eft indéterminée, ou fauffement prife: comme, lorfque les Médecins appellent purgations, les breuvages qu'ils donnent; que les Sectateurs d'*Ariftote* appellent caufes occultes, celles qu'ils ignorent; & que les Cartéfiens expliquent beaucoup d'effets, par ce qu'ils appellent matiére fubtile. Car, fi par exemple on fait demeurer d'accord ces derniers, que leur matiére fubtile n'eft autre chofe qu'une pouffiére très-menuë; on concevra clairement que cette pouffiére aura des figures différentes & la plupart irréguliéres, & que par cette raifon elles laifferont du vuide entr'elles contre leur hypothêfe ordinaire: mais parce que le nom de fubtil eft d'une fignification douteufe, on ne voit pas bien les défauts de cette hypothêfe. Les conféquences qu'on tire du cours rapide de cette matiére fubtile ou pouffiére très-menuë, des Efprits ignées, des Efprits frigorifiques, & d'autres chofes, qu'on peut croire être inventées à plaifir, font de cette nature.

Les Sophifmes qui fe fondent fur la divifion infinie de l'efpace, procédent auffi de ce qu'on ne peut comprendre l'infini, & qu'il n'eft pas d'une fignification déterminée, ce qui fait qu'on a peine à donner la folution de ces Sophifmes; mais il fuffit de faire une preuve contraire facile à comprendre. Comme, fi on vouloit prouver qu'un homme qui courroit deux fois plus vîte qu'un autre, ne pourroit jamais l'atteindre, fi ce dernier avoit une lieuë d'avance; parce que pendant que le plus vîte feroit cette lieuë, l'autre feroit une demi-lieuë au delà, & que quand le plus vîte auroit fait cette demi-lieuë, l'autre auroit fait un quart de lieuë au delà, & ainfi à l'infini: il faut répondre, que fi le plus vîte fait une lieuë en une heure, & l'autre une demi-lieuë dans le même tems, le premier aura fait trois lieuës en trois heures, & l'autre une lieuë & demi, & que par conféquent le plus vîte l'aura paffé d'une demi-lieuë; ce dernier raifonnement eft clair, & l'autre eft obfcur.

Et fi pour prouver qu'il n'y a point de mouvement dans la nature, on dit, *Ce qui eft mû fe meut dans le lieu où il eft, ou dans celui où il n'eft pas encore; l'un & l'autre eft impoffible; donc il ne fe fait point de mouvement:* il faut répondre qu'il eft difficile ou impoffible de comprendre par le détail comme un corps paffe d'un lieu à un autre, à caufe que les efpaces font divifibles à l'infini, & qu'on ne peut comprendre l'infini; mais que c'eft une chofe très-claire, & qu'aucun raifonnement ne peut détruire, que les corps changent de place.

La huitiéme eft, de foutenir qu'une propofition eft vraië, fi perfonne ne peut prouver le contraire: car c'eft à celui qui fait la propofition, de la prouver; & à ceux à qui elle eft faite, de voir fi la preuve eft bonne.

La neuviéme eſt, lorſque pour perſuader à quelqu'un de faire quelque action, on lui en cache les défauts & les incommodités, & on en agrandit les avantages, ou bien l'on en ſuppoſe de faux : contre lequel Sophiſme il faudra mettre en uſage le Principe 96, en examinant bien toutes les ſuites & les circonſtances de la choſe qu'on nous veut perſuader.

Il y a encore un Sophiſme fort commun à diverſes ſectes pour s'établir, qui eſt de faire voir que leurs adverſaires ſe ſont trompez. Ainſi les *Péripatéticiens* ont crû bien établir leur ſecte en montrant les erreurs de *Platon*, de *Parmenides*, &c. & les *Carteſiens* la leur, en faiſant connoître les erreurs d'*Ariſtote* ; car il ſe peut faire que toutes ces ſectes ſoient également pleines d'erreurs. C'eſt un ſemblable Sophiſme, quand pour ſe délivrer du ſoupçon d'un crime, on accuſe quelque autre de ce même crime.

C'eſt auſſi une eſpéce de Sophiſme aſſés ordinaire pour détruire une propoſition véritable, de la tourner en raillerie. Pour repouſſer ce Sophiſme, il faut obliger ceux qui s'en ſervent, à prouver que la propoſition eſt ridicule, & leur ſoutenir qu'il ne ſuffit pas de rire d'une propoſition pour prouver qu'elle eſt fauſſe. On fera de même à l'égard des actions qu'on fait pour choquer nos raiſonnemens, ou pour nous perſuader quelque fauſſeté ; comme ſont les pleurs, les ſermens, la colére, la fuite, &c.

Il ſuffit quelquefois, pour faire voir le défaut d'un raiſonnement, d'en faire un ſemblable ſur un autre ſujet, dont la concluſion ſoit évidemment fauſſe : comme, ſi pour prouver que la Géométrie eſt inutile, quelqu'un diſoit qu'elle ne fait pas vivre plus long-tems ; on lui pourroit dire que le pain par une ſemblable raiſon ſeroit inutile, parce qu'il n'empêche pas d'avoir froid.

Que ſi l'on veut repouſſer ſérieuſement ce reproche d'inutilité qu'on fait ſouvent à ceux qui propoſent quelques effets curieux de la nature, ou quelque choſe nouvelle dans les Mathématiques ; on pourra donner pour exemple l'aiguile aimantée, dont la direction vers le Pole pouvoit paſſer au commencement pour un jeu d'enfant & pour une choſe fort inutile, & cependant elle eſt à préſent d'un uſage preſque néceſſaire pour les longues navigations.

Il faut prendre garde de ne s'étonner point d'une objection qu'on nous fait, qui n'eſt pas du ſujet dont on parle, & ne nous préjudicie en rien ; & de ne ſe mettre point en peine de la refuter.

La plupart des Logiciens mettent au rang des Sophiſmes, de donner une cauſe pour une autre. Ce n'eſt pas un Sophiſme, mais une erreur, de prendre une cauſe pour une autre ; & le Sophiſme conſiſte en l'apparence des poſſibilités d'une fauſſe hypothêſe, ou en un faux raiſonnement, comme celui-ci. *Si la Lune étoit la moitié lumineuſe, & qu'elle fit une révolution autour de ſon axe en un mois, elle nous paroitroit com-*

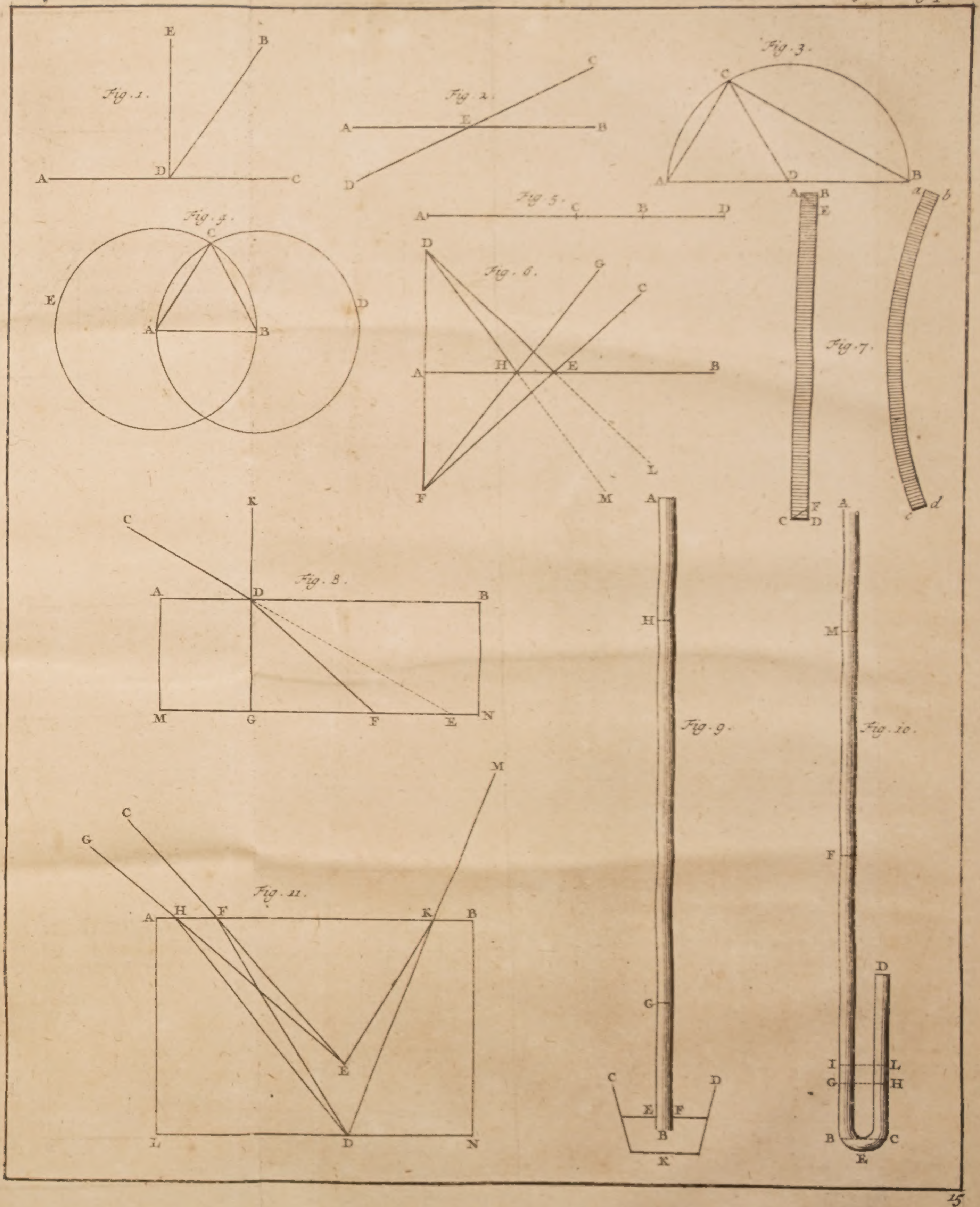


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

comme elle fait ; donc cette hypothêſe eſt vraië , & c'eſt la véritable cauſe de ſes divers apparences.

Il ſe trouve quelquefois des Sophiſmes très-difficiles à reſoudre ; en voici un exemple.

Trois hommes étant enſemble, deux d'entr'eux diſent chacun un menſonge ; & le troiſiéme n'ayant point encore parlé, fait cette propoſition, *Chacun de nous trois a dit un menſonge.* Si on dit que cette propoſition eſt véritable, on objectera que puiſque le dernier aura dit vrai, tous les trois n'auront pas menti : ſi on la dit fauſſe, on pourra ſoutenir le contraire ; car il s'enſuivra que tous les trois auront menti, & par conſéquent que la propoſition ſera vraië. La plupart des difficultés de cette nature procédent de ce que les propoſitions peuvent être conſidérées ſelon elles-mêmes, ou ſelon leurs objets ; ce qu'il faut ſavoir diſtinguer pour en pouvoir donner la ſolution, car une propoſition ne ſe doit pas regarder elle-même, mais un autre objet.

Il y a encore d'autres maniéres de Sophiſmes ; & les perſonnes qui ont quelque choſe à démêler enſemble, en peuvent inventer pluſieurs auxquels les Logiciens n'ont point donné de nom : il n'y aura pas beaucoup de difficulté à les connoître, puis qu'on pourra les reduire tous, ou aux fauſſes apparences, ou à la ſuppoſition de principe, ou au défaut de connexité.

Enfin, ſi on ſait bien ſe ſervir des Principes contenus en la premiére Partie, particuliérement des 2, 3, & 4, & de la troiſiéme Demande ; on pourra ſe défendre ſuffiſamment de toutes les fauſſes preuves, & en refuter la plupart avec aſſés de facilité.

FIN.

TABLE DES MATIÉRES

CONTENUES DANS CES DIFFERENS TRAITEZ, COMME ELLES SE TROUVENT SELON L'ORDRE DE L'IMPRESSION.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

PREMIERE PARTIE.

Définitions *du Corps flexible à ressort, du Corps flexible sans ressort, & de la Vitesse respective de deux Corps.* Pag. 3

Quatre Suppositions. 4, 5

Proposition I. Probléme. *Faire que deux corps se rencontrent directement avec des vitesses qui soient l'une à l'autre en telle raison que l'on voudra.* 5

Proposition II. Premier Principe d'Expérience. *Si un corps étant en mouvement est poussé par un autre corps selon la même ligne de direction, ou selon une autre; le corps poussé prendra un mouvement qui dépendra des deux causes, & sera composé du premier mouvement & du second, tant à l'égard de sa direction, qu'à l'égard de sa vitesse.* 9

Proposition III. Second Principe d'Expérience. *Lorsque deux corps se choquent directement, la puissance ou force de leur choc pour faire impression l'un sur l'autre est la même, soit qu'ils aillent l'un contre l'autre avec des vitesses égales ou inégales, ouqu'un seul des deux soit en mouvement, ou que tous deux aillent de même part; pourvû que la vitesse propre de chacun d'eux soit uniforme selon la premiére supposition, & qu'étant en même distance lors qu'ils commencent à se mouvoir, ils employent des tems égaux à se rencontrer, c'est à dire, pourvû que leur vitesse respective soit toujours la même.* 9

Proposition IV. Troisiéme Principe d'Expérience. *Si deux corps semblables & inégaux de même matiére sont mûs avec des vitesses égales, l'effort du plus grand corps sera plus grand que celui du moindre sur les corps qu'ils rencontreront; & si deux corps semblables & égaux de même matiére sont mûs avec des vitesses inégales, celui qui est mû avec*

vec la plus grande vitesse, fera aussi le plus d'effort sur les corps qu'il rencontrera, soit que le choc soit horizontal, ou de bas en haut, ou d'autre sorte. 10

Proposition v. Quatriéme Principe d'Expérience. *Si un corps en repos suspendu est choqué horisontalement par un autre corps plus pesant, il résistera moins au mouvement, & le corps choquant recevra moins d'impression par le choc, que si le corps en repos étoit également pesant; & plus le corps en repos sera pesant, plus il résistera au mouvement; pourvû que le corps choquant demeure toujours le même, & qu'il rencontre toujours l'autre avec la même vitesse.* 12

Avertissement *concernant l'usage de cette Proposition.* 13

Proposition vi. Cinquiéme Principe d'Expérience. *Si les quantités de mouvement de deux corps sont égales lorsqu'ils se choquent directement, ils s'arrêteront l'un l'autre; & demeureront sans mouvement, s'ils s'attachent ensemble; mais si les deux quantitez de mouvement sont inégales, ils ne demeureront pas en repos immédiatement après le choc.* ibid.

Conséquence. *Si deux corps mols sans ressort se choquant directement, perdent leur mouvement, leurs poids & leurs vitesses étoient réciproques immédiatement avant le choc, c'est à dire, qu'elles avoient une égale quantité de mouvement.* 14

Avertissement. ibid.

Proposition vii. *Si deux corps inégaux en pesanteur sont mûs avec des vitesses égales, leurs quantitez de mouvement seront l'une à l'autre en la raison de leurs poids.* 15

Proposition viii. *Si deux corps égaux en pesanteur, sont mûs avec des vitesses inégales, leurs quantitez de mouvement seront entre elles comme leurs vitesses.* ibid.

Proposition ix. *Si deux corps ont leurs poids & leur vitesses inégales, leurs quantitez de mouvement seront l'une à l'autre en la raison composée des poids & des vitesses.* 16

Proposition x. Sixiéme Principe d'Expérience. *Si un corps mol sans ressort choque directement un autre corps mol & sans ressort, les deux ensemble étant joints après le choc, iront de même part que le corps choquant, & la quantité de mouvement des deux ensemble sera égale à la quantité de mouvement de ce corps avant le choc.* ibid.

Premiére conséquence. *Que le mouvement d'un corps qui n'en rencontre point de contraire, ne se perd point; & que pour trouver quelle doit être la vitesse de deux corps mols joints après le choc, quelque vitesse & quelque pesanteur qu'ait le corps qui donne le mouvement à l'autre, il faut diviser sa premiére quantité de mouvement par la somme des poids des deux corps.* 17

Seconde conséquence. *Que si la vitesse du corps qui se mouvoit seul est exprimée par un nombre égal à la somme des poids des deux corps, leur vitesse commune après le choc sera exprimée par un nombre égal au poids de ce premier.* ibid.

Avertissement. 18

Pro-

Proposition XI. Septiéme Principe d'Expérience. *Si deux corps mols sans ressort vont de même part avec des vitesses inégales, & que le plus vîte rencontre l'autre directement; ils auront ensemble après qu'ils seront joints, une quantité de mouvement égale à la somme des quantitez de mouvement des deux corps avant le choc.* 18

Proposition XII. Huitiéme Principe d'Expérience. *Si deux corps mols sans ressort égaux ou inégaux se rencontrent directement, allant l'un contre l'autre avec des vitesses égales ou inégales, & que leurs quantitez de mouvement soient inégales avant le choc, la moindre quantité de mouvement se perdra entiérement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps joints ensemble n'auront plus que la quantité de mouvement restante, c'est à dire la différence des deux quantitez de mouvement avant le choc; & cette différence divisée par la somme des poids, donnera la vitesse commune des deux corps joints après le choc.* 19

Avertissement. 21

Proposition XIII. *Si une ligne comme* AB *est divisée au point* C *en raison réciproque des poids des corps* A & B, *& qu'étant prolongée directement de part & d'autre, on y prenne un point* D, *en sorte que* AD *représente la vitesse & la direction du corps* A *avant le choc, &* BD *celle du corps* B, *l'une & l'autre vitesse supposée uniforme selon la premiére supposition, & que* DE *soit prise égale à* CD; *les deux corps s'étant joints ensemble iront avec la vitesse & la direction* DE, *s'ils sont sans ressort.* Tab. I. fig. 7. 21

Proposition XIV. Neuviéme Principe d'Expérience. *S'il y a un corps inébranlable à ressort qui ait changé sa figure, & se soit mis en ressort par le choc d'un corps dur & inflexible en se restituant & reprenant sa premiére figure, il redonnera à ce corps la même vitesse qu'il avoit immédiatement avant le choc.* 23

Résolution d'un doute sur la force du ressort. 24

Qu'il n'y a point de Corps, ou qu'il y en a très peu qui n'ayent quelque ressort, & comment on peut concevoir l'action des ressorts. 25—28

Avertissement. 28

Proposition XV. *Si deux corps à ressort se choquent directement avec des vitesses réciproques à leurs poids, chacun de ces corps retournera en arriére avec sa premiére vitesse.* 29

Premiére conséquence: *que deux corps égaux ou inégaux étant pressez l'un contre l'autre & mis en ressort par quelque cause que ce soit, si la pression cesse tout à coup, ils se repousseront l'un l'autre par leurs ressorts, & en se repoussant, chacun d'eux prendra une égale quantité de mouvement.* 30

Seconde conséquence: *que deux corps à ressort qui se sont rencontrez directement, partagent par le mouvement de ressort la vitesse respective de leur choc, selon la raison réciproque de leurs poids, quelques vitesses propres qu'ils ayent eu avant le choc.* ibid.

Troisiéme conséquence: *qu'il n'y a point*

point de corps entiérement inébranlable de quelque grandeur & de quelque pesanteur qu'il puisse être. 31

Quatriéme conséquence : *que si on augmente le poids A successivement, & qu'on veuille faire choquer les boules avec des quantitez de mouvement égales entre elles, sans changer la vitesse respective; le point C s'approchera de plus en plus du point A, & les quantitez de mouvement seront augmentées, aussi bien que la vitesse de la boule B.* Tab. I. fig. 11. ibid.

Explication du recul des Canons & des autres machines à balles. 32 -- 36

Proposition XVI. *Si deux corps à ressort sont égaux, & que l'un choque directement l'autre en repos; ce dernier prendra la vitesse entiére de l'autre après le choc, & le fera rester sans mouvement.* 36

Conséquence : *qu'un corps à ressort choquant directement un autre corps à ressort moindre en poids, ils s'avanceront tous deux après le choc; & que si le corps choqué est le plus pesant, le corps choquant retournera en arriére.* ibid.

Avertissement. 37

Proposition XVII. *Si deux boules à ressort égales se choquent avec des vitesses inégales, elles feront échange de leurs vitesses.* 38

Proposition XVIII. *Soit une boule A triple d'une autre B, & qu'elles se choquent avec des vitesses égales & uniformes; je dis que la boule A après le choc demeurera en repos, & que la moindre boule B retournera en arriére avec une vitesse double de celle qu'elle avoit avant le choc.* 39

Conséquence : *que si deux corps à ressort inégaux se choquent directement avec des vitesses égales, & que le poids du plus pesant soit plus que triple du poids de l'autre, ils s'avanceront tous deux après le choc, selon la direction du plus pesant; & que s'il est moins que triple, chacun de ces corps retournera en arriére.* 39

Avertissement. 40

Proposition XIX. *Si une ligne comme A B est divisée au point C en la raison réciproque des poids des corps A & B, & aussi au point D, selon la raison des vitesses avec lesquelles ils se choquent; c'est à dire, que si B C est à C A, comme le poids du corps A est au poids du corps B, & que A D soit à B D, comme la vitesse du corps A à la vitesse du corps B, & que C E soit faite égale à C D; la ligne E A sera la vitesse du corps A, selon la direction de E vers A, & E B la vitesse du corps B, selon la direction de E vers B après le choc en D.* Tab. I. fig. 13. ibid.

Avertissement. 41

Proposition XX. *Si deux corps égaux ou inégaux à ressort se sont choquez directement, soit que tous deux fussent en mouvement, ou qu'il n'y en eût qu'un seul, & qu'ils se choquent une seconde fois avec les vitesses acquises par le premier choc; ils reprendront après le second choc, la même vitesse propre, ou le repos, que chacun avoit avant le premier choc.* 42

Proposition XXI. *Si deux corps à ressort égaux ou inégaux se choquent directement avec des vitesses éga-*

les ou inégales, ils se sépareront après le choc avec la même vitesse respective, avec laquelle ils se sont rencontrez. 43

Proposition XXII. *Si un corps à ressort choque directement un autre corps à ressort, soit que le corps choqué soit en repos, soit qu'il s'avance de même part que l'autre, selon une même ligne de direction; la somme des quantitez de mouvement des deux ensemble après le choc, sera la même qu'avant le choc, s'il s'avancent tous deux, ou si celui qui a choqué demeure sans mouvement. Mais si ce dernier corps retourne en arriére, la quantité de mouvement de celui qui s'avance sera plus grande que celle qu'avoit le corps qui s'est mû seul, ou les deux mûs de même part avant le choc; & l'excès sera égal à la quantité de mouvement de celui qui retourne en arriére.* 44

Proposition XXIII. *Si deux corps inégaux à ressort se choquent directement avec des vitesses contraires, non réciproques à leurs poids, & qu'ils s'avancent tous deux, ou que l'un d'eux demeure en repos après le choc; la somme de leurs quantitez de mouvement après le choc sera égale à la différence de celles qu'ils avoient avant le choc. Mais si les deux corps retournent en arriére après s'être choquez, la somme de leurs quantitez de mouvement sera plus grande que cette différence, & l'excès sera égal au double de la quantité de mouvement de celui à qui il en reste le moins.* ibid.

Proposition XXIV. *Si le poids d'un corps à ressort est triple, ou moins que triple du poids d'un autre corps à ressort moindre, & qu'ils se choquent avec des vitesses égales; la somme de leurs quantitez de mouvement après le choc sera moindre qu'avant le choc, & la différence sera égale au quarré de la différence des poids des deux corps, si leur vitesse respective est exprimée par la somme de leurs poids.* 46

Proposition XXV. *S'il y a deux corps inégaux à ressort A & B, & que le moindre B étant en repos soit choqué directement par le plus pesant avec une vitesse dont les degrez soient exprimez par le nombre qui exprime la somme des poids des deux corps; le corps B après le choc aura une vitesse dont les degrez seront exprimez par un nombre double du nombre du plus grand poids, & les degrez de vitesse que le corps A perdra seront exprimez par le double du nombre du moindre poids.* 47

Proposition XXVI. *S'il y a deux corps inégaux à ressort A & B, & que le plus pesant A étant en repos soit choqué par le plus leger, avec une vitesse dont les degrez soient exprimez par le nombre qui exprime la somme des poids de deux corps: le corps A après le choc aura une quantité de mouvement double de celle du corps B avant le choc diminuée du quarré du nombre qui exprime son poids; & les degrez de vitesse que le corps B perdra, seront exprimez par le double du nombre qui exprime son poids.* 48

Premiére Consequence: *que le corps choqué prend autant de vitesse & de quantité de mouvement par le* *mou-*

mouvement simple, que par le mouvement de ressort. 50

Seconde Conséquence : *que si l'on prend deux corps inégaux à ressort de tel poids qu'on voudra, & que l'un des deux étant en repos soit choqué par l'autre directement avec une vitesse égale au nombre de la somme de leurs poids ; la somme de leurs vitesses après le choc, sera triple de cette premiére vitesse, moins quatre fois le nombre du moindre poids, si c'est le moindre corps qui soit en repos ; & si c'est le plus grand, la somme de leurs quantitez de mouvement après le choc, sera triple de la quantité de mouvement du moindre corps avant le choc, moins quatre fois le quarré du nombre du moindre poids.* ibid.

Troisiéme Conséquence : *que si deux corps à ressort sont fort inégaux en poids, ils peuvent se rencontrer directement de telle sorte, que leurs secondes quantitez de mouvement ou leurs secondes vitesses ne seront à fort peu près que le tiers des premiéres ; c'est à dire, qu'il se perdra à fort peu près les deux tiers de leurs vitesses ou de leurs quantitez de mouvement par le choc.* 51

Proposition XXVII. *Si l'on suspend un cerceau de fil de fer ou de bois neuf, comme le cercle ABCD, en sorte que les diamétres AHC, BHD, soient en un plan horisontal à peu près, & qu'on le frappe fortement avec un bâton ou autrement au point D, pour le faire avancer horisontalement selon la direction de la ligne DGHEBF ; le point B ne s'avancera pas en même tems que le point choqué D, mais il ira en arriére du côté de D, comme en E, avant que d'aller en F.* Tab. I. fig. 14. 52

Conséquence : *que si une boule creuse à ressort est choquée directement par une autre, la partie opposée à celle qui est frappée, retourne un peu en arriére avant que de s'avancer.* 55

Proposition XXVIII. *Soient* A, B, C, *trois boules d'ivoire ou d'autre matiére à ressort ferme, égales entre elles, & contiguës ; & qu'une autre boule* D *de même matiére & de même pesanteur, choque directement la boule* C, *selon la ligne* AD *qui joint leurs centres : les boules* C *&* B *demeureront en repos après le choc, & la boule* D *aussi, & la seule boule* A *s'avancera avec la même vitesse qu'avoit la boule* D *avant le choc ; & quelque nombre de boules qu'il y ait de suite, soit deux ou trois ou quatre, &c. il n'y aura toujours que la plus éloignée qui se mettra en mouvement.* Tab. II. fig. 17.

Que s'il y a deux boules comme E *&* F *qui se touchent, & qui choquent ensemble plusieurs boules qui se touchent aussi, comme a, b, c, d, selon la ligne de direction a* F; *les deux boules* E *&* F *s'arrêteront, & les autres demeureront aussi en repos, à la reserve des deux derniéres a & b, qui s'avanceront ensemble avec la même vitesse des deux* E *&* F. Tab. II. fig. 18. 56

Que s'il y a trois boules qui choquent, il n'y aura que les trois derniéres a, b, c, qui s'avanceront avec la vitesse commune des trois qui au-

 ront

ront choqué, & toutes les autres demeureront en repos; & ainsi à l'infini, en tel nombre que puissent être les boules qui choquent & celles qui sont choquées. Tab. II. fig. 18. 56

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

SECONDE PARTIE. 57

Proposition I. Premier Principe d'Expérience. *Si l'on fait choquer dans un bateau se mouvant d'une vitesse uniforme, des boules d'ivoire ou d'autre matiére à ressort ferme, par le moyen de la machine décrite en la premiére Proposition de la premiére Partie, les mêmes effets paroitront à ceux qui seront dans le bateau, que si le bateau étoit immobile; c'est à dire, que si l'on fait choquer deux boules égales avec des vitesses égales, apparentes, elles paroitront se reculer avec les mêmes vitesses qu'elles avoient avant le choc: & dans les autres maniéres différentes de choquer, soit que les boules soient égales ou inégales, les effets paroitront conformes à ceux qui ont été prouvez dans la premiére Partie.* 57

Proposition II. *Où l'on montre comment on peut, lors que deux boules à ressort inégales se choquent obliquement, trouver leurs vitesses & leurs directions après le choc, soit que les vitesses soient égales ou inégales, ou que l'une soit en repos.* 59

Proposition III. *Où l'on montre comment on peut, lorsqu'une boule à ressort en choque obliquement une autre égale en repos, trouver la vitesse & la direction de chaque boule après le choc, quelle que soit l'obliquité du choc.* 60

Conséquence, *tendant à montrer comment on peut trouver les directions & les vitesses de deux boules après leur choc, dont l'une choque l'autre en repos, en telles raisons quelles soient l'une à l'autre, & quelles que soient leurs vitesses propres, & l'obliquité de leur choc.* 61

Proposition IV. *Le centre commun de pesanteur de deux boules qui sont poussées pour se choquer avec des vitesses uniformes, se meut toujours selon la même direction & avec la même vitesse devant & après le choc: & si ce centre demeure en repos dans le mouvement qui précéde le choc, il demeurera aussi en repos après le choc.* 62

Proposition V. ABF *représente une ligne d'une surface de verre ou d'autre matiére facile à être brisée, &* C *est une petite boule qui étant poussée perpendiculairement en* D, *contre* AB, *avec la vitesse* CD, *ne romproit point cette surface; mais étant poussée un plus fort*

fort elle la romproit: Je dis que si CE *est égale & parallelle à* BD, *& qu'en même tems que l'on pousse la boule* C *vers* D, *avec la même vitesse* CD, *on la pousse aussi vers* E *avec la vitesse* CE, *en sorte qu'elle aille par la diagonale* CB, *avec la vitesse* CB; *elle ne rompra point la surface de verre, & que si elle est poussée un peu plus fort, elle la rompra.* Tab. II. fig. 23. 65

Proposition VI. Deuxiéme Principe d'Expérience, *touchant l'équilibre de l'eau dans plusieurs vaisseaux qui se communiquent, & l'élévation d'un jet sortant par un tuyau recourbé ajusté au bas d'un vaisseau où l'on a versé de l'eau.* ibid.

Consequence: *que si la surface de l'eau est à différentes hauteurs dans le vaisseau, les vitesses de l'eau jaillissante par l'ouverture au bas du vaisseau au premier moment de sa sortie seront l'une à l'autre en raison sous-doublée des hauteurs de la surface supérieure de l'eau.* 66

Proposition VII. *Contenant diverses expériences touchant l'équilibre de l'air & de l'eau avec divers poids.* 67—69

Usage qu'on peut faire des régles expliquées dans les Propositions précédentes, pour expliquer les effets du Tonnerre, & autres effets naturels. 69—72

Proposition VIII. *La force du choc horisontal est infinie; c'est à dire, que si un corps très-petit en choque directement un autre très-pesant en repos, par un mouvement horisontal, si lent qu'il puisse être, il le mettra en mouvement.* 72

Proposition IX. *Les corps fluides ne choquent pas les corps durs qu'ils rencontrent, par la quantité de mouvement de tout leur corps.* 73

Premiére Conséquence: *que les jèts d'eau, ou de quelque autre corps fluide, d'égale largeur & de vitesses inégales, soutiennent des poids qui sont l'un à l'autre en raison doublée de ces vitesses inégales.* 74

Seconde Conséquence: *que les jèts d'eau de même vitesse & de largeurs inégales soutiennent des poids qui sont entre eux en raison doublée des diamétres de ces largeurs.* 75

Proposition X. *Les corps fluides en mouvement, comme le vent ou une eau coulante, accélérent le premier mouvement qu'ils ont donné à un corps ferme par leur premier choc.* ibid.

Proposition XI. Lemme. *Un corps qui tombe dans l'air libre commence à tomber avec une vitesse déterminée, & qui n'est pas infiniment petite; c'est à dire, qu'elle est telle, qu'il y en peut avoir de moindres, en différents degrez.* 77

Avertissement, *touchant quelques raisonnemens de Galilée pour prouver qu'au premier moment qu'un poids commence à tomber, sa vitesse est plus petite qu'aucune qu'on puisse déterminer.* 80

Proposition XII. *Soit le poids* C, *suspendu à la corde* A B, *plus pesant que le poids* F, *supposé sans ressort; & que la vitesse du poids* F *soit telle, que choquant le poids* C *de bas en haut, il puisse l'élever. Je dis qu'il peut y avoir un jét d'eau tel que choquant le mê-*

même poids C *de bas en haut, il ne pourra l'élever, quoique sa vitesse soit égale à celle du poids* F; *mais que si ce jét d'eau choque horisontalement le même poids* C, *il le poussera beaucoup plus loin, que le poids* F *ne le poussera, le choquant horisontalement avec la même vitesse.* Tab. III. fig. 32. 81

Conséquence: *que la force du choc de bas en haut n'est pas infinie, c'est à dire, qu'un petit corps n'élévera pas un corps quelque grand qu'il puisse être, en le choquant de bas en haut.* 82

Proposition XIII. *Si deux poids ayant une égale quantité de mouvement, tombent sur une balance, de part & d'autre du centre de mouvement, en des points également distants de ce centre, ils feront équilibre au moment du choc; & si les points où ils choquent la balance, sont inégalement distants du centre de mouvement, ils ne feront pas équilibre; mais si leurs quantitez de mouvement sont en raison reciproque des distances inégales, ils feront équiliau moment du choc.* ibid.

Proposition XIV. Troisiéme Principe d'Expérience. *Si deux corps égaux ou inégaux attachez aux extrémitez d'une balance, tombent sur un appui, en sorte qu'au moment que la régle qui sert de balance, rencontre l'appui, il se fasse équilibre entre les deux corps; l'appui recevra plus d'impression par le choc, que si la régle le rencontroit autrement.* 87

Proposition XV. Probléme. *Etant donnée une ligne, se mouvant circulairement à l'entour d'une de ses extrémitez immobile; trouver le point qui la divise en deux parties d'égale quantité de mouvement.* 88

Proposition XVI. Probléme. *Trouver le centre d'agitation d'une partie d'une ligne, qui se meut à l'entour d'un de ses points extrémes; la grandeur de la ligne entiére étant donnée & celle de la retranchée.* 89

Proposition XVII. Probléme. *Trouver le centre de Percussion d'un pendule composé.* 91

Proposition XVIII. Probléme. *Trouver le centre de vibration d'un pendule composé; c'est à dire, la grandeur d'un pendule simple, dont les battemens se fassent en même tems que ceux du composé.* 92

Conséquence: *que la longueur d'un pendule simple, qui fait ses battements en même tems qu'un fil de fer en Cylindre, suspendu par une de ses extrémitez; sera égale aux deux tiers de la longueur de ce fil de fer, qu'on prend ici pour une ligne droite pesante.* 93

Proposition XIX. *Les centres de vibration, agitation, & percussion, sont un même point dans un triangle qui se meut sur sa base.* ibid.

Proposition XX. Probléme. *Trouver le centre de percussion d'un pendule composé de deux poids, lorsqu'ils sont de part & d'autre du point de suspension.* 94

Premiére Conséquence: *que dans les pendules composez de deux poids, les centres de percussion & de suspension sont réciproques.* 95

Seconde Conséquence: *que si une ligne*

ligne droite comme α γ β est divisée au point γ, en sorte que β γ soit double de γ α, & qu'on la considére comme un pendule, dont le centre de mouvement soit au point γ, son centre de percussion sera au point β. Tab. IV* fig. 52. 96

Usage de ces derniéres Propositions pour trouver facilement les centres de vibration des pendules chargez de plusieurs poids, 97, 98

Proposition XXI. Principe ou Axiome. *Les corps de même matiére égaux & semblables & semblablement posez tombent par un même milieu fluide avec des vitesses égales entre elles, tant au commencement de leur chûte, que dans la continuation.* 98

Proposition XXII. Quatriéme Principe d'Expérience. *Les corps de même matiére égaux & semblables & semblablement posez, tombent avec des vitesses inégales à travers des corps fluides de différentes condensations.* 99

Proposition XXIII. *Les corps plus pesans que l'air étant lâchez dans l'air, accélérent leurs vitesses en tombant jusques à ce qu'ils aillent aussi vîte que le vent qui peut les soutenir, soufflant perpendiculairement de bas en haut.* ibid.

Proposition XXIV. *Les corps égaux & semblables & semblablement posez qui tombent à travers des fluides de différentes condensations, ne prennent pas des vitesses complettes, égales entre elles; mais elles sont moindres dans les fluides plus denses.* 100

Proposition XXV. *Les corps égaux en volume, semblables & semblablement posez, & de pesanteurs inégales, acquiérent en tombant à travers l'air des vitesses complettes qui sont l'une à l'autre selon la raison sous-doublée de leurs poids.* 100

Proposition XXVI. *Les vitesses complettes des corps de différentes grandeurs & de semblable matiére, sont entre elles en raison sous-doublée des pesanteurs de ces corps, si les surfaces par lesquelles ces corps choquent l'air directement sont égales.* ibid.

Diverses conséquences de cette Proposition. 101

Proposition XXVII. *Les corps inégaux en pesanteur qui rencontrent des résistances de l'air selon la proportion de leurs poids, descendent également vîte & acquiérent des vitesses complettes égales.* 102

Proposition XXVIII. *Les Cubes de même matiére & de grandeurs inégales ont leurs vitesses complettes en raison sous-doublée de leurs cotez; & les boules inégales de même matiére, en raison sous-doublée de leurs diamétres.* 103

Proposition XXIX. *S'il y a des boules inégales de différentes matiéres, & que la pesanteur spécifique de la grande boule soit à la pesanteur spécifique de la matiére de la petite, réciproquement comme le diamétre de la petite est au diamétre de la grande; elles descendront également vîte, & leurs vitesses complettes seront égales.* ibid.

Proposition XXX. *Les boules de même poids & de différentes grandeurs ont leurs vitesses complettes en raison réciproque de leurs diamétres.* 104

Pro-

Propofition xxxi. A B C, D E F, *font deux cones égaux & femblables & d'égale pefanteur, dont l'un eft fuppofé tomber dans l'air par fa bafe* B C, *& l'autre par fa pointe* F; *je dis que la viteffe complette du premier fera moindre que celle de l'autre, felon la Proportion, de* D G *demi diamétre de la bafe* D E, *au côté* D F. Tab. IV* fig. 61. 105

Conféquence : *qu'une boule defcendra plus vite & aura fa viteffe complette plus grande qu'un Cylindre de pareil poids qui auroit fa bafe égale au grand cercle de la boule, & qui en tombant auroit fon axe perpendiculaire.* 106

Problêmes de Phyfique très difficiles. 106, 107

Probléme. *Trouver le tems de l'accélération des boules de différentes grandeurs & de différentes matiéres, leurs viteffes complettes, & les efpaces qu'elles paffent en defcendant en des tems donnez.* 107

Tables, par lefquelles on connoitra combien une balle de plomb de fix lignes de diamétre paffera de piés en chaque feconde en defcendant; combien elle en paffera dans tel nombre de fecondes qu'on voudra choifir; quand elle ceffera d'accélérer fon mouvement; quelle fera fa viteffe complette; & combien elle parcourra de piés avant que de l'acquérir. 109

Table pour une balle de cire de fix lignes. 111

Table pour une balle de liége de fix lignes. 112

Avertiffement *fur ces Tables.* ibid.

Premiéres Expériences *pour les chutes des corps pefants.* 113

Secondes Expériences. 114

Troifiémes Expériences. 115

Quatriémes Expériences. 116

PREMIER ESSAI DE PHYSIQUE.

DE LA VEGETATION DES PLANTES. 119

PREMIÉRE PARTIE.

DES ELEMENS OU PRINCIPES DES PLANTES.

Premiére Hypothèfe fur les Principes des Plantes. 121

Idée des noms de fixe, volatile, efprit, &c. 122

De l'union naturelle de quelques-uns de ces Principes. 122, 123

Baze de ces Principes, & ce qui les fpecifie & les détermine 123, 124

Seconde Hypothèfe fur les Principes des Plantes établie par deux preuves. 124, 125, 126

Troifiéme Hypothèfe prouvée par deux Expériences. 126, 127

Moyen de fe former une idée diftincte de ces Principes. 127

Pourquoi l'on ne met pas le feu au nombre des Principes des Plantes. ibid.

De l'Air. ibid.

SECONDE PARTIE.

DE LA VEGETATION DES PLANTES.

DE la première Germination de la semence ; d'où elle procéde. 128
Comment se font les effets qui se font dans les lobes. 129
Maniére dont les petits Vaisseaux Capillaires des graines s'imbibent du suc, & les racines reçoivent l'eau de la pluië. 129, 130
Loi de la nature par laquelle se fait cette insinuation de l'eau. 130
Comment le suc se perfectionne & devient propre à nourrir les plantes. 130—132
Ce qui sert à faire étendre les branches, les feuilles, & les racines. 132
Conjecture sur la circulation du suc. 132, 133
Par où le premier suc de dehors entre dans les plantes. 133
Confirmation de l'opinion du retour de la séve vers la racine. 133, 134
Necessité de la Rosée pour les Plantes, sur tout dans les Païs chauds. 134, 135
La Clarté du Soleil nécessaire pour la nourriture des Plantes. 135
Comment se fait la maturité des fruits & des semences. ibid.
A quoi servent les graines, &c. 136
Que ce qui donne à chaque plante sa forme, n'est pas ce qu'on appelle l'ame Végétative : Ni la configuration des Parties de la semence &c: Ni les parties de la Plante, toutes contenuës en petit dans la semence ; 1. parce que elle ne contient que les principales parties des Plantes ; 2. parce que toutes les Plantes ne viennent pas de graines ; 3. parce que cela est contre l'Expérience : Mais les principales Parties des Plantes contenuës dans la semence. 137—139

TROISIÉME PARTIE.

DES CAUSES DES VERTUS DES PLANTES.

DEs qualitez Vénéneuses, & les différentes causes de ces qualitez. 140
Véritables causes de ces qualitez prouvées par raisons fondées sur des Expériences. 141—143
D'où procédent ces causes. 143
Que c'est par les Expériences uniquement qu'on peut juger à quoi une Plante est utile ou nuisible, & non pas par l'inspection de sa construction, ni par sa couleur, ni par son odeur, ni par sa saveur, ni par les Operations de la Chimie. 143—146
Avis sur les moyens de faire des progrès dans la Médecine. 147

SECOND ESSAI. DE LA NATURE DE L'AIR. 148

PRemiére propriété de l'air, qui est sa pesanteur. 149, 150

Seconde propriété de l'air, qui est de pouvoir être condensé & dilaté & d'avoir la vertu de ressort. 150, 151

Sa Condensation se fait selon la proportion des poids dont il est chargé. 151 — 153

Problémes qu'on peut resoudre par ce qu'on vient d'établir. 153

I. Probléme. *Etant donnée la hauteur où l'on veut que le mercure demeure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver la quantité de l'air qu'il y faut laisser avant l'expérience.* 154

II. Probléme. *Etant donnée la quantité d'air qu'on veut laisser au dessus du mercure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver à quelle hauteur le mercure se mettra après l'expérience.* ibid.

III. Probléme. *Etant donnée la hauteur d'un tuyau plein d'air, trouver à quelle profondeur il faudra plonger le bout ouvert dans le mercure du vaisseau, afin qu'il monte dans ce tuyau situé perpendiculairement à une hauteur donnée possible.* 155

Le ressort de l'air fait le même équilibre, qu'étant avec son poids. 156

Ce qui arrive aux larmes de Verre se fait par l'air, & comment. 157 — 159

Belles Connoissances que donnent les observations des hauteurs du mercure dans le Barométre. 159, 160

Explication de certains effets & mutations des vents. 160 — 162

De la forme que prend l'air enfermé dans l'eau. 162

Troisiéme propriété de l'air, qui est de s'insinuer & se dissoudre dans l'eau & plusieurs liqueurs. 163

Causes qui produisent cet effet. 164

Etenduë & nature de l'air mêlé & dissous dans l'eau. 164 — 166

Des causes par lesquelles la matiére aërienne dissoute & condensée dans l'eau peut en sortir & se remettre en air. 166 — 168

Que la Dilatation & la Condensation de l'Air ne vient pas de la séparation des particules qui le composent. 169

Preuve de cela par les effets de l'air & de la poudre enflammée. 169 — 173

Explication générale de la raréfaction & de la condensation de l'air &c. 173

Que l'air n'a de soi aucune chaleur. 174

Remarques & expériences sur l'étenduë de la dilatation de l'air. 174 — 178

Conséquences des Expériences & des raisonnemens précédens. 178, 179

Des proprietez qu'on attribue faussement à l'air. 179

De quoi l'air n'est pas composé. 180

Qu'il ne resoud pas les sels dans les tems humides, & qu'il n'est pas de soi la cause de la corruption. 180, 181
Si l'air est coloré. 181
Si l'air se mêle avec le sang dans les poumons. 181, 182

TROISIEME ESSAI. DU CHAUD ET DU FROID. 183

OU DISCOURS

Pour faire voir que le froid n'est qu'une privation ou une diminution de chaleur, & que la plupart des lieux souterrains sont plus chauds en Eté qu'en Hiver. 184

Qu'on ne doit pas toujours juger des choses en elles mêmes, & entr'autres du froid & du chaud, par les sens. 184, 185
Par où l'on doit juger qu'une chose est sans chaleur. 185
Que le froid dans la glace, aussi bien que dans les autres choses, n'est qu'une diminution de chaleur. 186—188
Objection contre ce qui a été dit & prouvé. 188
Résultat des raisonnemens précédens. ibid.
Que les lieux souterrains sont plus chauds en Eté qu'en Hiver. 189
Expériences qui confirment ce que l'on vient d'établir. 189—193
Pourquoi les Caves paroissent fraiches en Eté & chaudes en Hiver. 194
Remarque sur les raisonnements précédens. ibid.

QUATRIEME ESSAI. DE LA NATURE DES COULEURS. 195

Qu'il n'est pas aisé de bien parler des couleurs. 196
Plan de ce Traité. 197

PREMIERE PARTIE.

Comment il faut s'y prendre pour faire avec exactitude les expériences nécessaires pour connoitre d'où procédent les couleurs de l'Arc-en-ciel, & toutes les autres de la même espéce 197
I. Supposition *avec explication. La lumiére du soleil passant par une ouverture circulaire dans un lieu obscur, & étant reçuë sur une surface*

face plate exposée directement au soleil & parallelle à l'ouverture ; chaque point de cette ouverture est le sommet de deux cones de lumiére opposez, & semblables, dont l'un a pour base le disque du soleil ; & l'autre un cercle dans la surface plate ; mais ce cercle est moindre que le cercle illuminé qui paroît sur cette surface, & la différence des diamétres de ces cercles est toujours égale au diamétre de l'ouverture, quelque distance qu'il y ait entre l'ouverture & la surface. 197 — 202

II. Supposition. *Un rayon passant d'un corps transparent dans un autre de différente transparence, comme de l'air dans l'eau ou de l'eau dans l'air, refléchit une partie de sa lumiére, faisant l'angle de la refléxion égal à celui de l'incidence : & ce même rayon diminué de lumiére continue à s'étendre selon la même ligne droite, si l'incidence est perpendiculaire ; mais si elle est oblique, il fait une inflexion ou courbure que les Opticiens appellent ordinairement refraction. La reflexion & la refraction se font en un même point de la surface commune aux deux corps transparens.* 202

III. Supposition *avec explication. Les rayons qui passent obliquement d'un corps transparent rare comme l'air, dans un autre plus dense comme l'eau ou l'esprit de vin ou le verre, font leurs refractions du côté de la perpendiculaire qui passe par le point d'incidence ; & ceux qui passent obliquement de ces corps transparents, dans l'air, font leurs refractions en s'éloignant de la même perpendiculaire ; mais si l'incidence est trop oblique, ces rayons se refléchiront entiérement & ne passeront point dans l'air.* 202 — 204

IV. Supposition *avec explication. Les rayons qui d'un même point lumineux dans une distance convenable passent par l'ouverture de l'Uvée d'un œil bien disposé, se réünissent au fond de l'œil, en un point de la surface concave de la membrane appellée Choroïde, & ce point lumineux paroît toujours & est vû dans la ligne perpendiculaire à celle qui touche la choroïde en ce point de réünion ; mais si la distance est trop petite ou trop grande, les rayons d'un même point ne se réünissent pas en un même point, & on voit l'objet confusément.* 204 — 209

Premiéres Expériences *pour les couleurs causées par la réfraction.* 207 — 210

Secondes Expériences. 210 — 214

Troisiémes Expériences. 214 — 224

Examen de l'Hypothêse de Mr. Descartes *pour rendre raison des diversitez de couleurs que les Prismes de verre font paroître.* 224 — 226

Examen de l'Hypothêse de Mr. Newton *pour l'explication du même sujet.* 226 — 228

Examen des Hypothêses du Pere Grimaldi *& du Pere* de Chales *pour l'explication du même sujet.* 228

Huit Principes d'expérience *pour bien expliquer toutes les Apparences de couleurs produites par les refractions de la lumiére.* 228 — 231

EXPLI-

EXPLICATIONS DES PRINCIPALES APPARENCES DE COULEURS CAUSEES PAR LA REFRACTION. 231

Premiére Apparence *avec explication. Si le Soleil étant beaucoup élevé, on reçoit dans un lieu obſcur un rayon ſolide de deux ou trois lignes d'épaiſſeur dans un vaiſſeau, où il y ait de l'eau de cinq ou ſix lignes de hauteur ſur un fond blanc, on verra autour de la baſe lumineuſe du rayon, une ombre fort obſcure, & tout le reſte du fond du vaiſſeau ſera fort éclairé.* 231, 232

Seconde Apparence *avec explication. Les priſmes équilateraux de verre ne peuvent faire paroître en même tems que quatre lumiéres colorées, étant expoſez au Soleil; & les priſmes ſcalénes en peuvent faire paroître plus de huit.* 232, 233

Troiſiéme Apparence *avec explication. Lors qu'on regarde une étincelle de feu, ou une étoile fort claire, à travers un priſme équilateral de verre ſitué de maniére que les rayons viennent à l'œil après deux refractions, elle paroît comme une ovale fort longue, colorée de rouge, de verd, de violet; mais s'il ſe fait une reflexion entre les deux refractions, elle paroitra dans ſa couleur & figure ordinaire.* 234—236

Quatriéme Apparence *avec explication. Lors que les rayons d'un objet lumineux ou illuminé ayant paſſé par un priſme équilateral, raſent la derniére ſurface & ſont reçus dans l'œil; on voit l'objet beaucoup plus grand qu'il ne paroît ſans le priſme: mais ſi la premiére incidence de ces rayons eſt fort oblique, & la ſortie peu oblique; il paroitra beaucoup plus petit.* 237

Cinquiéme Apparence *avec explication. S'il y a quelque fonds blanc* AB, *dans lequel il y ait un rectangle noir a b d c d'environ un pouce de largeur, & que vous le regardiez à neuf ou dix piés de diſtance à travers un priſme équilateral, vous verrez l'eſpace a b c d, d'un rouge de pourpre.* Tab. IX. fig. 26. 237, 238

Probléme de Phyſique. *Trouver un objet tel qu'étant regardé à travers un priſme de verre, on puiſſe voir du rouge vers le haut & du bleu vers le bas, ou du bleu vers le haut & du rouge vers le bas, ou toutes les deux extrémitez rouges, ou toutes deux bleuës, ou toutes deux ſans couleurs; ſans changer la ſituation de l'œil, ni du priſme, ni de l'objet, ni ſans rien mettre entre deux.* 238

Sixiéme Apparence *avec explication. Si on met un oculaire convexe* AB, *dans une ouverture de même largeur faite dans un ais, ou dans quelque autre corps opâque, & qu'on y reçoive la lumiére du Soleil directement; la lumiére, après avoir traverſé le verre, ſera rouge & jaune vers ſes extrémitez entre le verre & ſon foyer; les extrémitez de la même lumiere ſeront bleuës au delà du foyer; mais l'intérieur de la lumiére ſera blanc de même que toute celle qui*

qui est au foyer. Tab. IX. fig. 28. 239, 240

Septiéme Apparence *avec explication. Lors que le Soleil éclaire fort obliquement de l'eau claire & calme, si on met un corps opaque ver le milieu, soit qu'il touche l'eau, ou qu'il en soit un peu éloigné; on verra du bleu dans la pénombre plus éloignée du Soleil, & du rouge dans la plus proche.* 240, 241

Huitiéme Apparence *avec explication. Lors qu'on regarde fort obliquement un objet blanc comme E F, au fond d'un vaisseau plein d'eau, l'objet étant fort illuminé, & le vaisseau de couleur brune, on verra son extrémité vers F bleuë, & celle vers E rouge.* Tab. X. fig. 30. 241, 242

Neuviéme Apparence *avec explication. Les verres taillez à facettes, les plumes des ailes des oiseaux, les cheveux, les poils des paupiéres, font paroître diverses couleurs dans les objets lumineux, ou fortement illuminez, & les font voir en plusieurs endroits.* 243

Dixiéme Apparence. *L'arc-en-ciel.* 244

Difficulté d'expliquer cette Apparence, & les diverses voiës dont se sont servis pour cet effet Jean Fleischer, Antoine de Dominis, & *M.* Descartes. 244—247

Maniére dont l'Auteur explique l'Arc-en-ciel intérieur. 247—261

Explication de L'arc-en-ciel Exterieur. 261—267

Des Arcs-en-ciel sans couleurs. 267, 268

Onziéme Apparence *avec explication. Les petites Couronnes autour des Astres.* 268—272

Douziéme Apparence *avec explication. Les grandes Couronnes autour des Astres.* 272—276

Treiziéme Apparence *avec explication. Les Parélies ou faux Soleils.* 276—281

SECONDE PARTIE.

DES COULEURS QUI PAROISSENT A TRAVERS L'AIR PUR SUR LES CORPS LUMINEUX ET ILLUMINEZ. 282

Division de cette seconde Partie. 283

Premier Discours. *Des Couleurs qui paroissent dans les corps lumineux.* 284

Second Discours. *Des Couleurs changeantes qui paroissent sur les surfaces des corps par refraction.* 288

Diverses Expériences, & principalement sur les bouteilles de Savon. 288—291

Explication des Apparences qu'on voit dans ces bouteilles. 291—293

Usage de ce qu'on vient de dire pour expliquer les couleurs changeantes qui paroissent par des refractions sur les surfaces de quelques Corps opaques ou transparens. 293—296

Troisieme Discours. *Des couleurs fixes & Permanentes.* 296

Diverses Expériences. 296—304

Ré-

Régles générales *pour expliquer les Couleurs fixes.* 305

Premiére Régle *avec application. Les Couleurs fixes nous paroissent, lorsque la lumiére ayant passé par la matiére qui fait ces couleurs, vient ensuite à nos yeux avec assez de force.* 305—308

II. Régle *avec application. Les sucs de toutes les fleurs bleuës & violettes deviennent verds par les Alcali, & prennent un beau rouge par les Acides.* 308, 309

III. Régle *avec application. Les teintures des bois rouges, comme le bois d'Inde & le bois de Bresil, deviennent jaunes par les Acides, & de couleur violette par les Alcali; mais les teintures des plantes jaunes, comme la Gaude, le bois de Fustel, la racine appellée Terra merita, deviennent plus enfoncées par les Alcali, & perdent presque toute leur couleur par les Acides.* 309, 310

IV. Régle *avec application. Les végétations qui se font dans les lieux exposez au grand air, sont vertes; & celles qui se font dans les lieux souterrains, ou sous quelques couvertures opâques, sont blanches, ou jaunes.* 310, 311

V. Régle *avec application. Il y a beaucoup de matiéres jaunes ou obscures qui se blanchissent lors qu'on les mouille & qu'on les fait seicher au Soleil alternativement; & si étant blanches elles sont longtems à l'air sans être mouillées, elles deviennent jaunes.* 311, 312

VI. Régle *avec application. Les matiéres terrestres & sulphurées deviennent rouges par une grande chaleur, & quelques-unes deviennent enfin noires.* 312, 313

Remarque sur l'usage qu'on peut faire de ces Régles générales pour expliquer beaucoup d'autres effets touchant les couleurs, & sur l'application qu'on peut faire de quelques-unes à l'Art de Teinture & de colorier le verre. 313—317

QUATRIEME DISCOURS. *Des Apparences des Couleurs qui procédent des modifications internes des organes de la vision.* 317—320

DU MOUVEMENT DES EAUX.

PREMIÉRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIETEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS.

I. DISCOURS.

De plusieurs propriétez des corps fluïdes. Page 326

L'Etat naturel de l'eau est d'être glacée. 327

Des parties de l'eau changées en air. ibid.

Expériences pour montrer que l'air s'in-

s'insinuë dans l'eau & dans l'esprit de vin. 328
Remarques sur la formation de la glace, & pourquoi elle s'entrouvre. 329
De la matiére fulminante qui est dans l'eau. 331
Remarques & conjectures sur la viscosité de quelques corps fluïdes. 332
II. DISCOURS.
De l'origine des fontaines. 333
Réponse aux objections sur l'origine des fontaines. 334
Remarques sur l'augmentation & la diminution de quelques sources. 336
Des sources & lacs élevez sur de hautes montagnes. 337
Observations sur la quantité de l'eau de la pluïe. 338
Calcul des eaux pour fournir la riviére de Seine. 339
III. DISCOURS.
De l'origine & causes des vents. 340
Conjectures sur les causes des vents. 342, 343
Observation sur un vent qui se fait aux ouvertures des fours à chaux. 346
Remarque sur la révolution des vents à Paris *& aux environs.* 346, 347
Expérience sur le mouvement de l'air. 347
De la cause des tourbillons. 349
De la cause des différentes directions des vents, & de la fumée de quelques cheminées. 350
Explication des orages & ouragans. 353

SECONDE PARTIE.

DE L'EQUILIBRE DES CORPS FLUIDES.

I. DISCOURS.
D*E l'équilibre des corps fluïdes par la pesanteur.* 356
Principe universel de Méchanique. 360
Preuves de la pesanteur de l'air. 361
De l'eau. 364
Régle de l'équilibre de l'eau par son poids. 365
Expérience de l'équilibre de l'eau. 368
Régle de l'équilibre des liqueurs différentes par la pesanteur. 371
Premiére Régle de l'équilibre des corps fermes, dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau. 372
Propriété de l'eau de s'attacher ou de s'écarter de quelques corps. 373
D'où vient que quelques corps plus pesans que l'eau nagent au dessus. 374
Les matiéres congelées sont plus legéres que les mêmes matiéres fonduës. 375
Application de la régle précédente. ibid.
Seconde Régle, avec quelques remarques. 376
Troisiéme Régle pour les corps qui pésent plus que l'eau. 378
Quatriéme Régle. ibid.
Expérience qui montre que quelques corps plus legers que l'eau peuvent descendre au fond. 379
II. DISCOURS.
De l'équilibre des corps fluïdes par le ressort. 380

De la proportion de la condensation de l'air. 381
De la rarefaction ou dilatation de l'air. 383
Régles pour l'élévation de l'eau dans les pompes aspirantes. 385
Expérience sur le ressort de l'air. 387, 388
Refutation de l'erreur de ceux qui croyent que l'air ne pése pas sur les corps qui sont au-dessous. 388
Du ressort de la flamme de la poudre à canon. 390

III. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluïdes par le choc. 391
Premiérement du choc de la flamme. ibid.
Du choc de l'air, & de l'eau. 392
Premiére régle, du choc des jets d'eau. ibid.
De l'accélération de la vitesse des corps qui tombent. 393
De la lenteur de la sortie des premiéres goutes d'eau par l'extrémité des tuyaux. ibid.
Seconde Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eau qui tombent de haut en bas. 395
Troisiéme Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eau en raison des hauteurs des réservoirs. 397
Conséquence pour la vitesse des jets d'eau qui sont en raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs. 399
Quatriéme Régle, des jets d'eau égaux & de vitesses inégales, qui soutiennent par leur choc des poids en raison doublée des vitesses. ibid.
Expérience pour connoître la force du choc de l'air. 400
Conséquence où l'on voit quelle est la proportion du tems de l'écoulement de l'air de deux cylindres inégaux, par des ouvertures egales, & chargez de poids égaux. 401
Cinquiéme Régle pour les jets d'eau de même vitesse, mais inégaux en grosseur, qui soutiennent des poids par leur choc, qui sont l'un à l'autre en raison doublée des ouvertures. ibid.
De la pesanteur du pié cube d'eau, & la quantité des pintes qu'il contient. 402
Pour mesurer la vitesse & la force du choc de l'eau courante. ibid.
De l'effort des roues des moulins qui sont sur la riviére de Seine. 403
Expériences pour les vitesses différentes des eaux courantes, tant au fond qu'à la surface. 403, 404
Calcul de la force des roues des moulins de la Seine. 405
Pour la force du choc du vent contre les aîles d'un moulin. ibid.
Pour le choc du vent contre la voile d'un vaisseau. 406
Comparaison de la force des moulins à vent aux moulins de la Seine. 407
Description & jugement de plusieurs moulins à vent qui tournent à tous vents. 408
Pour le calcul de la vitesse du vent, qui peut renverser des arbres & autres corps. 409
Pour augmenter la force d'une certaine quantité d'eau. 410, 411

TROISIÉME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES.

I. DISCOURS.

Du pouce pour la mesure des eaux. 411
Premiére expérience pour déterminer la quantité d'eau que fournit un pouce en un certain tems. 412
Proposition où il est démontré que le pendule qui marque par ses battemens une seconde de tems, doit être plus court dans les païs proche la ligne équinoxiale, que vers les poles. 414
Difficultez qui surviennent à l'expérience précédente. ibid.
Seconde expérience par une ouverture de 6 lignes de diamétre, & des différences entre les ouvertures verticales & horizontales. 415
Les dépenses des eaux par des ouvertures égales posées l'une sur l'autre, sont en même proportion que les ordonnées d'une parabole. 416
Diverses causes qui apportent quelques irrégularitez à la régle de la dépense des eaux. 418
Un pouce d'eau est déterminé à fournir 14 pintes mesure de Paris *en 1 minute de tems.* 419
Troisiéme expérience d'un pié cube rempli en 2 minutes & demi. ibid.
Moyen pour connoître les pouces d'eau d'une fontaine ou d'un ruisseau coulant. 420

II. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes selon les différentes hauteurs des réservoirs. ibid.
Premiére expérience pour la dépense des eaux jaillissantes. 420
Deuxiéme expérience. ibid.
Régle pour la mesure des eaux jaillissantes. 421
Table des dépenses d'eau par 3 lignes d'ajutoir pendant une minute sur différentes hauteurs de réservoirs. 422
Comparaison des dépenses de l'eau par une ouverture simple faite à un réservoir, & lorsqu'on y applique un tuyau. 423

III. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures. 424
Premiére expérience. 425
Seconde expérience. ibid.
Régle pour la dépense des eaux jaillissantes. ibid.
Table des dépenses d'eau par différens ajutoirs ronds pendant une minute, sur la hauteur de 13 piés de réservoir. 426
Troisiéme expérience par deux ouvertures différentes en même tems. ibid.
Quatriéme expérience de la même chose. 427
Trois causes qui peuvent faire que les grandes ouvertures donnent ordinairement plus que les petites. ibid.
Cinq expériences sur ce sujet. 428, 429
Deux causes qui diminuent la raison sous-doublée, & deux qui l'augmentent. ibid.

En

En quelle proportion se vuide un vaisseau par un trou qui est au fond. 430

Il sort deux fois autant d'eau d'un vaisseau entretenu toujours plein dans le même tems, que s'il se vuidoit sans y rien ajouter. 430

Observation sur le fait précédent. ibid.

Pour juger du tems dans lequel un vaisseau se vuide. 432

Problême, de la forme d'un vaisseau dont l'eau s'écoulant descend en tems égaux par des intervalles égaux. 432

Régle de l'écoulement de l'eau de deux tuyaux inégaux par des ouvertures égales. 433

Question sur l'écoulement de l'eau de deux tuyaux d'égal diamétre & de hauteurs inégales. 434

IV. DISCOURS.

De la mesure des eaux courantes dans un aqueduc ou dans une riviére. ibid.

Méthode pour cette mesure avec des exemples, & le calcul de l'eau de la riviére de Seine. ibid.

QUATRIEME PARTIE.

DE LA HAUTEUR DES JETS.

I. DISCOURS.

De la hauteur des jets perpendiculaires. 436

Premiére Régle avec des expériences. 437

Seconde Régle pour la diminution des jets à l'égard des réservoirs, avec exemple. ibid.

Table de cette diminution depuis 5 piés de hauteur jusqu'à cent. 439

Expériences pour la confirmation de cette régle. 441

Expérience d'un cas particulier quand l'eau du réservoir ne fournit pas assez par le jet. 442

Expérience par un syphon recourbé. 443

Expérience de l'eau chargée de mercure par la hauteur des jets. ibid.

Confirmation par l'expérience des poids attachez au corps d'une seringue. 444

Expérience de la hauteur des jets par la compression de l'air. ibid.

L'impulsion est arrêtée par le frottement dans un petit tuyau attaché à un grand. 445

Machine pour pousser de l'eau fort loin. ibid.

Machine de Héron *par la compression de l'air.* 446

Expérience sur la netteté & beauté des jets d'eau, & comme on doit faire & disposer les ajutages. 446

L'eau qui s'écoule par un trou en tombant de haut en bas, se reduit enfin en goutes. 447

La dépense de l'eau se régle selon la vitesse du jet à la sortie de l'ajutage, & non pas sur sa hauteur, 448

Régles pour la diminution d'un jet si l'on prend une partie de l'eau qui le fournit. ibid.

Expérience pour prouver que les trop grandes hauteurs des réservoirs ne peuvent servir de rien. 449

II. DISCOURS.

Des jets obliques & de leurs amplitudes. 451

Problême. Etant donné la hauteur médiocre du réservoir, & l'obliquité du jet, trouver son amplitude. 451

Remarque sur les jets de mercure. 453

Expérience pour prouver que les matiéres les plus pesantes décrivent de plus grandes paraboles. 453

Pour trouver les amplitudes des jets horizontaux. ibid.

Pour trouver la hauteur de l'eau dans un réservoir ou un tuyau, par l'amplitude d'un jet horizontal, qui sort d'une ouverture du tuyau. 454

CINQUIEME PARTIE.

DE LA CONDUITE DES EAUX, ET DE LA RESISTANCE DES TUYAUX.

I. DISCOURS.

Des tuyaux de conduite. 454

Plusieurs remarques sur la grosseur des tuyaux de conduite suivant les jets qu'ils fournissent, pour différentes hauteurs. 455

Expériences contre les ajutages en tuyau ou cône, & pour ceux en platine. ibid.

Observations pour régler la largeur des tuyaux de conduite suivant la hauteur des réservoirs & la grandeur des ajutages. 456

Régle tirée des observations précédentes. 457

Exemple de cette régle, ibid.

Remarques particuliéres sur quelques tuyaux de conduite qui sont à Chantilli. ibid.

De la soudivision des tuyaux de conduite avec exemple. 458

II. DISCOURS.

De la force des tuyaux de conduite, & de la résistance des solides. 460

De la résistance absoluë des solides. 460, 461

Refutation de la proposition de Galilée *pour la résistance des solides.* ibid.

Expériences qui confirment la régle démontrée de la résistance des solides. 462

Solution de quelques objections. 463

Expérience de l'alongement d'un fil de verre. 465, 466

Expériences de la résistance des solides. ibid.

Théorême d'un cas de la resistance des solides avec sa demonstration. 467, 468

Régle pour la resistance des solides qui sont souples, avec des expériences. 469

Expérience du fil tourné en vis pour l'alongement des corps souples. ibid.

Expériences sur la résistance des tuyaux. 471

Premiére Régle pour la résistance des tuyaux. 473

Seconde Régle. ibid.

III. DISCOURS.

De la distribution des eaux. 474

Pour la distribution d'une source en plusieurs endroits d'une ville ou à plusieurs particuliers. ibid.

Des ouvertures pour nettoyer les tuyaux, & des ventouses. 476

RÉGLES POUR LES JETS D'EAU. 483

DE LA DEPENSE DE L'EAU FAITE PAR DIFFERENS AJUTAGES, SELON LES DIVERSES ELEVATIONS DES RESERVOIRS. 485

Du Pié cube d'eau. ibid.
Du pouce d'eau. ibid.
Du demi pouce d'eau. 485, 486
Moyen de bien déterminer un pouce d'eau, & faciliter les différens calculs selon les différentes ouvertures & dispositions des ajutages. 486
De la dépense de l'eau par des ajutages differens, les reservoirs étant à même hauteur. 487
De la dépense de l'eau par des ajutages semblables, les hauteurs des eaux des réservoirs étant différentes. 487, 488
Comment il faut calculer la dépense de l'eau, lors que par quelques empêchemens l'eau ne jaillit pas si haut qu'elle devroit. 488

DE LA HAUTEUR DES JETS. 489

Régle pour savoir la diminution des Jets *jusqu'à la hauteur du reservoir.* 489
Table des différentes hauteurs des jets. ibid.
Régles pour la largeur des tuyaux & des différens ajutages selon la hauteur des réservoirs. 490
Table des Largeurs des tuyaux & des différens ajutages selon la hauteur des réservoirs. 491
Régles pour l'épaisseur & la force des tuyaux de conduite & des ajutages. 491, 492
Régles pour les conduites des eaux fort longues, où le long frottement diminue la hauteur des Jets & la dépense de l'eau, sur tout si les tuyaux sont trop étroits. 492, 493
Régle pour la disposition des derniers tuyaux & de leurs ajutages dans les Jets fort hauts & fort gros. 493
Régle pour partager l'eau en divers Jets, & savoir combien on en donnera à chacun, ce qui peut aussi servir à la distribution qu'on fait à plusieurs particuliers, de l'eau d'une source. 493, 494
Utilité de ces Régles pour les autres difficultez qu'on peut avoir touchant les Jets d'eau. 494

NOUVELLE DECOUVERTE TOUCHANT LA VUE,

Contenuë en plusieurs Lettres. 495

PREMIERE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET.

Observation touchant le défaut de Vision qui arrive quand la peinture d'un objet tombe justement sur le Nerf-optique. 496, 497

Que cette Observation donne tout lieu de croire que la Choroïde est le principal organe de la Vision, & non pas la Rétine. 497

RÉPONSE DE MONSIEUR PECQUET A LA LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE. 498

Préambule de cette Lettre. 498

Réponse de Mr. Pecquet *à ce que Mr.* Mariotte *avoit dit dans un Ecrit, que la Rétine est transparente, & qu'elle ne reçoit que très-peu d'impression de la Lumiére, non plus que les corps diaphanes, tels que sont l'Air & l'Eau; & qu'au contraire, les corps noirs & opaques, comme est la Choroïde, sont facilement échauffez par la Lumiére.* 499, 500

Réponse de Mr. Pecquet *à ce que Mr.* Mariotte *avoit dit, que la Rétine ne pénétre point dans le Cerveau, comme fait la Choroïde, qui envelope le Nerf-optique au delà de l'Oeil, & l'accompagne jusqu'au milieu du Cerveau.* 500 — 502

Réponse de Mr. Pecquet *à ce que Mr.* Mariotte *avoit dit, qu'il est nécessaire pour faire la vision distincte, que les Rayons qui viennent de chaque point de l'objet s'unissent en un point sur l'organe; & que cela ne se peut point faire sur la Rétine à cause de son épaisseur d'un demi ligne, mais bien sur la Choroïde qui est déliée & opaque.* 502, 503

Réponse de Mr. Pecquet *à la preuve que Mr.* Mariotte *tire de l'expérience touchant le défaut de Vision où la Choroïde n'est pas, quoique la Rétine y soit, pour montrer que cette premiére Membrane est le principal organe de la Vision.* 503 — 506

Expérience de Mr. Picard *touchant la perte de vuë d'un objet en tenant les yeux ouverts.* 506, 507

SECONDE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET,

Pour montrer que la Choroïde est le principal Organe de la Vuë.

QUe les raisons alléguées dans la Lettre précédente pour prouver l'opacité de la Rétine sont insuffisantes. 507—509

Observation pour prouver que la lumiére des objets passe presque toute entiére jusques à la Choroïde, & que la Rétine en reçoit fort peu d'impression. 509, 510

Pensée de l'Auteur touchant l'impression de la Lumiére sur les corps noirs & opaques & les transparens comme la Rétine, comme aussi touchant la nécessité de la noirceur de la Choroïde pour la vision. 510, 511

Que la Choroïde a une plus grande continuité avec le Cerveau que la Rétine, contre ce qui avoit été dit dans la seconde objection de la lettre précédente. 511, 512

Examen de deux Expériences alléguées dans la lettre précédente pour montrer qu'on découvre la peinture des objets sur la surface anterieure de la Rétine. 512, 513

Pensée de l'Auteur touchant l'épaisseur de la Rétine, & son incapacité à recevoir en un point les rayons de la lumiére, contre ce qui a été dit dans la troisiéme objection de la lettre précédente. 513

Preuve que l'Auteur tire du défaut de Vision sur la base du nerf-optique, en faveur de la Choroïde au préjudice de la Rétine. ibid.

Que les causes de ce défaut de Vision alléguées dans la lettre précédente sont ou sans fondement ou insuffisantes. 514, 515

Trois Observations avec quelques raisonnements qui confirment la cause alléguée par l'Auteur, savoir que la Choroïde est le principal Organe de la Vision. 515, 516

Expérience de l'Auteur touchant la perte de vuë de deux papiers ronds, les deux yeux étant ouverts. 516

LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT A MONSIEUR MARIOTTE.

PRéambule de cette lettre. 517

Hypothêse de l'Auteur touchant la vision. 518

Que la Polissure & l'exacte égalité requise dans l'organe de la Vision se trouve dans la Rétine, & non pas dans la Choroïde. 518, 519

Que la Choroïde est trop dure & trop épaisse pour être l'organe de la Vision, que les vaisseaux plein de sans qui s'y répandent la rendent aussi mal propre à cela, aussi bien que les vaisseaux de la Rétine, & son peu de communication avec le Nerf-optique. 519, 520

Que la Rétine est très propre pour être l'organe de la vision; & que

sans

sans lui ôter l'office dont elle est en possession, on peut rendre raison du Phénoméne de Mr. Mariotte. 521, 522

REPONSE DE MONSIEUR MARIOTTE A LA LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT.

Préambule de cette lettre. 522, 523

Division ou Plan de cette Lettre. 523

Premiére Partie, où l'Auteur fait voir que les vaisseaux de la Rétine, & leur disposition, fournissent des preuves très-fortes pour établir son opinion, bien loin de la détruire. 524—530

Seconde Partie, contenant plusieurs raisons & expériences pour prouver que la Choroïde est très-propre pour l'usage que il lui attribuë, dont les plus considérables sont; qu'elle est très-polie, & égale, & nullement raboteuse; qu'elle n'est ni dure, ni épaisse, mais souple & déliée, à fort peu près comme la Pie-mére dans le Cerveau; que les vaisseaux pleins de sang dont elle est traversée, aident à la Vision, bien loin de lui nuire; que la noirceur qu'ils y laissent, & dont elle est enduite & pénétrée, est nécessaire pour la rendre suffisamment sensible aux impressions de la lumiére; & qu'elle a une parfaite communication avec le Nerf-Optique, & avec le Cerveau. 530—532

Troisiéme Partie, où l'Auteur tâche de faire connoître que la Rétine n'est pas propre pour être l'organe de la Vision, & que les deux causes données du défaut de Vision qu'on observe dans l'expérience de l'Auteur, ne sont point dans la nature, & n'ont nulle existence réelle; & que si elles avoient quelque existence, elles causeroient le même défaut dans les autres parties de la Rétine, & supprimeroient entiérement la Vision. 532—534

TRAITÉ DU NIVELLEMENT. AVEC LA DESCRIPTION DE QUELQUES NIVEAUX nouvellement inventez. 535

Définitions. 536

Suppositions. 536, 537

Lemme. *Si l'on verse de l'eau ou une autre liqueur à l'extrémité d'un parallellogramme de niveau d'une telle matiére qu'elle ne s'y attache point, elle coulera vers le point d'attouchement.* 537

Description *du niveau, ou instrument pour niveller.* 538

Usage *de ce niveau.* 539

Démonstration *de l'usage de ce Niveau.* ibid.

Moyen de se perfectionner dans la facilité

cilité de se servir de ce Niveau, & de vérifier son exactitude 541, 542
Défaut ordinaire des Niveaux qui sont le plus en usage, & entr'autres du Chorobate décrit par Vitruve, *& de la double Equiére.* 542, 543
Précautions qu'on doit employer lors qu'on se sert du Niveau ci-dessus décrit, à la campagne où il fait du vent. 543, 544
Diverses Remarques tendant à montrer que dans les grandes distances le moyen le plus sûr pour niveller, est de faire le nivellement à plusieurs fois. 544, 545
Comment on peut niveller de grandes distances, lors que il y a des choses entre deux qui empêchent de le faire par plusieurs petits nivellements. 545, 546
Démonstration de la méthode qu'on vient d'indiquer pour cet effet. 546, 547
Moyen dont on pourra se servir pour déterminer parfaitement le point de niveau dans les distances éloignées. 547—551
Régles qu'il faut observer pour les différens lieux à niveller. 551
Régle pour mettre de niveau une allée de Jardin ou une longue gallerie. ibid.
Régle pour niveller deçà & delà d'une éminence à la campagne. 551, 552
Régle pour mettre de niveau quelque grande salle. 552
Régle pour niveller une pente de montagne très roide. ibid.
Régle pour niveller exactement à une seule fois deux Choses éloignées l'une de l'autre d'une ou deux lieuës. 552—554
Déscription d'un autre instrument très-exact pour niveller, avec la maniére de s'en servir, & les occasions où on doit l'employer. 554, 555
Moyen de savoir la différence de niveau de deux objets éloignés l'un de l'autre de 5 ou 6 lieuës, & qui sont disposés de la sorte qu'on ne puisse se servir des niveaux précédens pour les niveller. 555, 556

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES PENDULES. 557

LEttre *de l'Auteur touchant ce Traité.* 558, 559
Premier Principe naturel. *Un même poids fait le commencement de sa descente avec une même vitesse en quelque lieu accessible de l'air qu'on le laisse tomber.* 560
Second Principe naturel. *Si un Corps est porté d'une vitesse uniforme par un petit espace, par quelque cause que se soit; cette cause cessant, il continuera son mouvement de même part avec la même vitesse par un espace égal au premier, s'il n'est point empêché par une autre cause.* 560
Proposition I. *Il est impossible qu'un poids qu'on laisse tomber, continuë sa*

sa descente avec une vitesse uniforme; mais il acquiert, à chaque moment égal de tems, un nouveau degré égal de vitesse. 560

Proposition II. *Soit* A B *une perpendiculaire, qu'un poids ait passée dans un certain tems tombant du point de repos* A *;* & *que ce poids étant arrivé au point* B*, change de direction* & *remonte vers le point* A*, commençant son mouvement de bas en haut selon la vitesse acquise au point* B *: je dis qu'il remontera jusques au point* A*,* & *que le tems de sa montée sera égal à celui de sa descente.* Tab. XXIV. fig. 2. 561

Proposition III. *Soit* A B *une ligne perpendiculaire, qu'un poids ait passée en descendant du point de repos* A*, comme il a été démontré dans les Propositions précédentes;* & *qu'au même tems quelque autre mobile parcoure la ligne* C D *égale à* A B*, par une vitesse uniforme: je dis que cette vitesse sera égale à la moitié de la vitesse acquise par le poids au point* B. Tab. XXIV fig. 3. 562

Proposition IV. *Si un poids passe en descendant des espaces inégaux en divers tems, les espaces passez seront l'un à l'autre en raison doublée des tems de leur descente.* 563

Proposition V. *Soit* B C *une ligne horizontale,* C A *perpendiculaire à* B C*,* & A B *inclinée: je dis que si on laisse tomber un même poids du point* A*, le tems de sa descente par* A B *sera au tems de sa descente par* A C *comme* A B *est à* A C. Tab. XXIV. fig. 6. 563

Proposition VI. *Soit* A B D *un demi cercle;* B D, C D, *deux inscrites;* & *soit* A D *le diamétre perpendiculaire à la tangente horisontale* A E *: je dis que des poids égaux descendants de* B *en* D & *de* C *en* D*, auront les tems de leur descente égaux.* Tab. XXIV. fig. 7. 564

Proposition VII. *Soit* A B *perpendiculaire à l'horison;* A C, B D, *perpendiculaires à* A B*;* & A E *le quart de la ligne;* & *soit* F E D *quelconque ligne entre les deux parallelles* A C, B D*; Je dis que le tems par* F E, E B, *sera égal au tems par* A E, E D*: Mais si* A E *est moindre que le quart de* A B*, le tems par* A E, E D, *sera plus grand que par* F E, E B*: Mais si* A E *est plus que le quart, le tems par* F E, E B, *sera le plus grand.* Tab. XXIV. fig. 8. ibid.

Proposition VIII. *Soit* A B C *un quart de Cercle dont le centre soit* A*,* & A C *perdiculaire à l'horison;* B C *côté du quarré inscrit dans le Cercle;* B D, D E, E C, *trois côtez du dodécagone;* & B F, F C, *deux côtez de l'octogone: je dis que le tems par* B F, F C, *de suite, sera plus court par* B C. Tab. XXIV. fig. 9. 565

Conclusion, *concernant le mouvement des Pendules, supposé la résistance de l'air;* & *du nombre des vibrations d'une petite pendule comparé à celui des vibrations d'une grande en même tems.* ibid.

EX-

EXPERIENCES TOUCHANT LES COULEURS ET LA CONGELATION DE L'EAU.

Expérience touchant les couleurs. 603

Expériences de la Congélation de l'eau. 604—608

ESSAI DE LOGIQUE

Contenant

Les Principes des Sciences, & la maniére de s'en servir pour faire de bons raisonnemens. 610

PREMIERE PARTIE,

Contenant les premiers Principes des Sciences.

Demandes. 613

Principes & Propositions fondamentales du raisonnement. 613—615

Principes & Propositions fondamentales, pour établir les sciences des choses naturelles, 615—620

Principes des Propositions vrai-semblables. 620—624

Principes & Propositions fondamentales de la Morale. 624—629

SECONDE PARTIE,

Contenant la méthode qu'il faut suivre pour faire de bons raisonnemens. 630

Division de cette seconde Partie. 633

Premier Discours. *De ce qu'il faut observer pour se rendre intelligible.* 630

Nécessité d'expliquer les mots quand il arrive qu'ils ont quelque obscurité. 631

D'où procéde l'obscurité des noms. 631

De la définition, & sur quoi on doit se régler pour la bienfaire. 632

Des choses qu'on ne doit point entreprendre de définir. ibid.

De la définition des choses qui ont des noms communs de substance, &

& dont la qualité essentielle est connuë avec exemple. 632, 633
Définition des choses dont la qualité essentielle est inconnuë, avec exemple. 633
Définition des choses qui n'ont point de nom de genres, & dont les qualitez propres sont inconnuës. 634
Si l'on peut définir les qualitez précises. ibid.
Possibilité de la permutation du sujet en l'attribut requise dans la définition. ibid.
Définition des choses Visibles par la figure. ibid.
Définition d'un particulier. ibid.
Influence des définitions sur les choses; quand c'est que elles ne peuvent pas être fausses; & quel nom on doit donner aux choses nouvelles & ci-devant inconnuës. 634, 635
Jusqu'où les régles ci-dessus sont nécessaires. 635
La plus importante régle de la Définition. ibid.
De la Définition de nom & de la chose. 636, 637
De la Division ou distinction. 637
DEUXIEME DISCOURS. *De l'Invention des Principes.* ibid.
De combien de sortes de Propositions il y a. ibid.
Nécessité de la connoissances des Propositions intellectuelles pour la connoissance des choses sensibles & morales. 638
Division de ce Discours. ibid.
Article Premier. *De la Méthode pour trouver les principes des Propositions intellectuelles, comme de Géométrie, d'Arithmétique, & d'Algébre, avec divers Exemples.* 638 — 651
Nature des Propositions intellectuelles de Géometrie & d'Arithmétique, & des Propositions intellectuelles de metaphysique. 638, 639
Des Demandes ou principes speculatifs intellectuels pour prouver les Propositions intellectuelles. 639, 640
Régles qu'il faut suivre pour les Demandes. 640
Si les Définitions sont les seuls principes, & si les axiomes se doivent prouver par les définitions. 640, 641
S'il faut prouver les principes par d'autres principes, quoique également clairs. 641
Méthode qu'on peut observer pour trouver les principes spéculatifs qui servent à prouver les propositions qui ne sont pas du nom. 641, 642
Méthode pour inventer facilement des Theorêmes en nombres. 643
Si les choses sont bien prouvées quand elles le sont par leurs causes. ibid.
De l'Analyse pour la solution des Problêmes de Géométrie avec exemple. 643, 644
De l'Analyse pour la solution des Problêmes en nombre. 644, 645
Autre méthode pour la solution des Problêmes en nombre. 645, 646
De l'Analyse Algebrique, autre méthode de trouver commodément la solution des Problêmes d'Arithmétique & de Géométrie. 646, 647
Exemples de l'Analyse Algébrique pour des Problêmes en nombre. 647 — 649
Exemple de l'Analyse Algébrique pour un Problême de Géométrie. 649
De l'Algébre Numerique & de l'Algébre spécieuse, & laquelle

on doit préférer. 649, 650
Remarque sur les operations de l'Algébre. 650
Des Propositions intellectuelles de Métaphysique. 651
Article II. *De la façon de trouver les Principes pour les propositions sensibles.* ibid.
Premier Principe qu'il faut recevoir pour prouver les choses sensibles. 651, 652
Second Principe qu'il faut recevoir. 652—654
Méthode de chercher des principes pour prouver des propositions sensibles douteuses. 654
Principes pour l'exécution des choses qu'on ne peut différer. 654
Principes intellectuels & sensibles pour les questions naturelles. 654—657
Des questions sensibles & naturelles. 657, 658
Six causes principales du peu de progrès qu'on a fait jusques à présent dans la science des choses naturelles. 658, 659
Preuve de l'insuffisance de cette Hypothèse que le mouvement ne s'augmente & ne se diminue point dans la Nature, *proposée en même tems pour modéle de ce qu'il faut observer pour rechercher & découvrir les différentes causes des effets naturels.* 659—662
De la nécessité des expériences & des observations pour établir une Medecine methodique & pour rendre raison de divers effets naturels, comme des vents, du flux & du reflux de la mer, & autres. 663—665
Principes qui doivent entrer dans la preuve des sciences mêlées de Mathématique & de Physique. 665
Article III. *Des Principes des Propositions Morales.* 665
Des diverses sortes de principes des propositions morales, & de leurs usages. 665, 666
Incertitude des questions de Politique, & des choses qui dépendent des inclinations des hommes. 666, 667
Quelques Régles dont on pourra se servir pour resoudre ces sortes de questions. 667, 668
Troisieme Discours. *De la Méthode pour faire les Argumens, & les mettre en ordre pour servir à la preuve de quelques propositions douteuses, ou à l'établissement de quelque Science.* 669
De la nature de l'Argument & des parties dont il est composé. ibid.
De l'Enthymême. 670
Des figures des Argumens. 670, 671
Des Modes de chaque figure. 671
Inutilité des régles que les Logiciens donnent pour ces figures & ces modes, aussi bien que de la considération des propriétez des propositions & de leurs termes. 671, 672
De la preuve directe & indirecte. 672, 673
Considérations sur la démonstration des Propositions peu éloignées de leurs principes, & de celles qui en sont éloignées, par argumentation, ou par raisonnemens continus en citant les propositions. 673—675
Ce qu'on doit penser de ce que quelques Philosophes ont dit, qu'on ne pouvoit rien prouver par des argumens. 675, 676
Comment on peut supléer au défaut de la conception à l'égard du grand nombre de connexitez. 676
De la méthode de prouver un princi-

pe d'expérience, & dans quel ordre on doit disposer & citer les preuves des propositions sensibles douteuses ou à prouver. 676

Démonstration de ce Principe d'expérience que les Rayons passant de l'air dans l'eau se rompent, & leur inflexion se fait du côté de la ligne perpendiculaire qui passe par le point d'invidence, proposée comme exemple pour prouver un principe d'expérience. 677

Résolution de ce Problême, *Etant donnée la longueur d'un tuyau cylindrique* AB, *au dessus de vingt-neuf ou trente pouces, fermé par un bout; trouver quelle quantité d'air il faut enfermer avec le mercure, afin que le mercure se mette à une hauteur donnée moindre que vingt-huit pouces, lorsque le tuyau sera perpendiculaire à l'horison:* proposée comme exemple pour montrer comme il faut disposer & citer les principes des propositions sensibles douteuses. 678—681

Trois remarques sur l'exemple précédent. 682

De la Méthode de prouver par interrogations & réponses. ibid.

Nécessité de mettre toutes les régles précedentes en usage. ibid.

Ce qu'il faut faire quand on ne peut pas prouver les choses invinciblement. 683

Ce qu'il faut faire quand quelcun nie une proposition bien prouvée. ibid.

Quatrieme Discours. *Des faux raisonnemens & des autres causes de nos erreurs, & de ce qu'il faut observer pour ne s'y laisser pas surprendre.* ibid.

Importance de cette Partie de la Logique. 683

Ce qu'on entend ici par Sophisme, & de ses diverses sortes. 684

Article premier. *Des fausses Apparences.* ibid.

D'où procédent les fausses apparences. ibid.

Cinq Hypothèses pour expliquer à peu près comme se font nos sensations. 684—687

Des Erreurs où les sens sont capables de nous faire tomber, & des moyens de les redresser. 687—692

Qu'il faut parler touchant les sensations comme le Vulgaire, & ne pas s'obstiner à combatre les apparences naturelles des sens. 691, 692

De l'imagination, & des erreurs ou elles nous peut engager. 692

Du peu de connoissance que nous avons de notre esprit, & des quatre opérations que la plupart des Logiciens posent. 693

Ordre des opérations internes de notre esprit. 693, 694

Si l'on a une idée claire & distincte de la pensée. 694

Que l'imagination nous représente d'autres sensations que celles de la vuë, & qu'il ne faut pas tâcher de détruire toutes les fausses apparences de l'imagination. 695

Conclusion des Raisonnemens précédens. ibid.

Article II. *Des faux Raisonnemens.* 696

Du sophisme appellé pétition de principe, & comment on peut le détruire. 696, 697

Des sophismes par le défaut de connexité entre les propositions, des diverses maniéres dont ils se font, & comment on peut les détruire. 697—701

FIN.

CATA-

CATALOGUE
DE
LIVRES, ET CARTES GEOGRAPHIQUES,
Nouvellement Imprimés & publiés
Chez PIERRE VANDER Aa, Marchand Libraire à Leide.

Deorum, Dearumque, cum suis Amasiis, Nympharum, Geniorum, Cyclopis & Satyri Effigies, secundum seriem temporis collocatæ. In fol. 3.8.

Summorum Heroum & Conditorum Urbium Imagines, secundum seriem temporis collocatæ. In fol. 5.8.

Collectio Picturarum, quâ Augustissimi Reges, Reginæ cum Liberis & Cæsares secundum seriem temporis sunt compositi. In fol. 7..

Feminarum in fabulari & vera Histotia celebriorum facies, ad seriem temporis congestæ. In fol. 1.. 10

Ducum fortissimorum, atque Imperatorum variorum Populorum repræsentationes, secundum seriem temporis contractorum. In fol. 7. 10

Illustrium Veterum Philosophorum & Legislatorum præcipuorum Imagines, ad seriem temporis conjunctæ. In fol. 4.15.

Celebriorum Poëtarum, Poëtriarum, Vatum, Mimi & Comicarum Personarum Vultus, secundum seriem temporis accumulati. In fol. 4--18

Clarissimorum Rhetorum, Oratorum, Sophistarum, Historicorum, Juris Consulti, Grammatici, aliorumque Scriptorum Icones, secundum seriem temporis collocatæ. In fol. 2.-

Illustrium Græcorum Medicorum secundum seriem temporis Collectorum Delineationes. In fol. 2--5

Averranii Interpretationes Juris, 8. 1716. 2-12

Markii Dissertationes Philologicæ 4. 1716. 3 8

Oeuvres de Monsr. Mariotte, 4. 2 voll. 1717.

Portraits des Professeurs de Leide. fol. 1717.

Catalogus Librorum, tam Impressorum quam manuscriptorum Bibliothecæ publicæ Universitatis Lugduno-Batavæ, fol. 1716. 10-5

Oeuvres d'Architecture de *Philippe Vingboons*, celébre Architecte de la Ville d'*Amsterdam*, Folio. 2 Tomes. 14-12

Oeuvres d'Architecture de *Pierre Post*, Architecte de Sa Majesté Britanique, *In Folio*. 15-10

La plus nouvelle, la plus exacte, & la plus grande Carte de l'Empire d'Allemagne, divisé en le Royaume de Bohéme & les X Cercles, savoir d'Autriche, Bourgogne, Baviére, l'Electorat du Rhin, le Saxe superieure & inferieure, la Westphalie, la Souabe, la Franconie & le Rhin, avec la Suisse tout entiere, les Mers, Iles, Païs, &c. d'alentour. On y a aussi exactement marqué toutes les Postes & les grands Chemins, de même que les Côtes, Bancs de Sable, Brasses d'Eau, &c. le tout dressé sur les Lieux, & rectifié sur les Nouvelles Observations de Messieurs de l'Academie Royale des Sciences, & de celles des plus habiles Geographes. 9. *feuilles, papier d'Atlas*. 3--5

Les XVII. Provinces du Païs Bas, avec les Terres contigues. Carte la plus Recente, la plus Ample, & la plus Exacte qui ait encore paru: On y trouve distinctement les Villes, les Villages, les Châteaux, les Forteresses, les Abbaïes, Cloîtres, Couvents, &c. Comme aussi les Grans Chemins, les Maisons de Poste, les Côtes, les Bancs de Sable, les Brasses de Profondeur, les Fleuves, les Rivieres, &c. Le tout dessiné sur les Lieux; rectifié & perfectionné sur les Nouvelles Observations de Messieurs de l'Academie Royale des Sciences à Paris; & sur les Remarques des Meil-

Meilleurs Geographes. 9 *feuilles*, *papier d'Atlas*. 3..5

Les Provinces confederées du Païs Bas, avec les Terres adjacentes. Ouvrage confronté de Nouveau, & suivant toute l'exactitude possible, avec les meilleures Cartes qui aïent paru jusqu'à present: Rectifié & augmenté sur les Lieux, par les plus habiles Geographes. On y trouve aussi par tout, les Grans Chemins, les Maisons de Poste, les Côtes, les Bancs de Sable, les Brasses d'Eau, &c. 5 *feuilles*, *papier d'Atlas*. 1..15

Le Nouveau Theatre du Monde, ou la Geographie Royale, composée de nouvelles Cartes tres-exactes, dressées sur les observations de *Messieurs de l'Academie Royale des Sciences à Paris*, sur celles des plus celebres Geographes, sur de nouveaux memoires & rectifiés sur les Relations les plus recentes des plus fidéles Voyageurs. Avec une Description Geographique & Historique des quatre parties de l'Univers, desquelles l'*Europe* en detail est écrite par Mr. *Gueudeville*, & les trois autres parties par Mr. *Ferrarius*. Ouvrage qui donne une Idée claire & facile de la Terre, & de ce qu'elle comprend de plus considerable. *In Folio*, en forme d'un Atlas. 22-18

Consultatien en Advysen van Holland, vermeerdert met het Amsterdamse derde deel daar tussen, 4. 6 *deelen* 1716. 18--

Les principaux Edifices & Vues d'Amsterdam, fol. 4-8

Les principaux Edifices & Vues de la Haye & ses environs. fol. 3--

——— de Rotterdam, fol. 1-10

——— de Paris, fol. 2-2

Les principales Vuës de Honslaardyk, fol. 1-16

——— de Loo. fol. 1-18

——— de Versailles, fol. 3-6

——— de Fontainebleau. fol. 1-16

Les Habits & Villes du Monde. fol. 7-13

Theatre des Villes de l'Europe, pour inserer dans les Atlas. fol. 4-16

Les principales Villes & Forteresses fol. 7-10

Les Villes de Frise. fol. 1-4

Habits des Paisans & Paisannes d'Hollande. fol. 1-14

Livre de toutes sortes d'Oiseaux. fol. 1-14

Portraits des Princes & Princesses d'apresent. fol. 2-

Le Monde representé en ses parties &c. fol. 4-2

Delices de la France, 12. 1699. 2 voll. 3-10

——— de la Ville de Leide, 8. 1712. 2-9

——— de l'Espagne & du Portugal, 12. 1715. 6 voll. 10-5

——— de la Grande Bretagne & d'Irlande 12. 1707. 9 voll. 16-17

——— de l'Italie, 12. 1709. 6 voll. 9 10

——— de Rome Ancienne & Moderne, 12. 1713. 10 voll. 15-7

——— de la Suisse 12. 1714. 4 voll. 6-12

AVIS AU RELIEUR.

LE Relieur prendra garde que le papier qui est à côté des Figures doit être conservé pour faire deborder les Figures hors du livre. Il les faut placer dans l'ordre qui suit:

TAB. I. II. III: IV. IV*	Pag. 116
TAB. V. VI. VII. VIII. IX. X. XI. XII.	320
TAB XIII. XIV. XV. XVI. XVII. XVIII. XIX. XX. XXI.	476
TAB. XXII. XXIII.	556
TAB. XXIV.	600
TAB. XXV.	700

BERIGT AAN DEN BOEK-BINDER.

DEn Boek-binder zy gewaarschout het papier ter zyde de Figuren niet af te snyden; maar zodanig in te setten, dat de Figuren buyten het Boek uytslaan; deselve moeten geplaatst werden als hier boven vermeld staat.